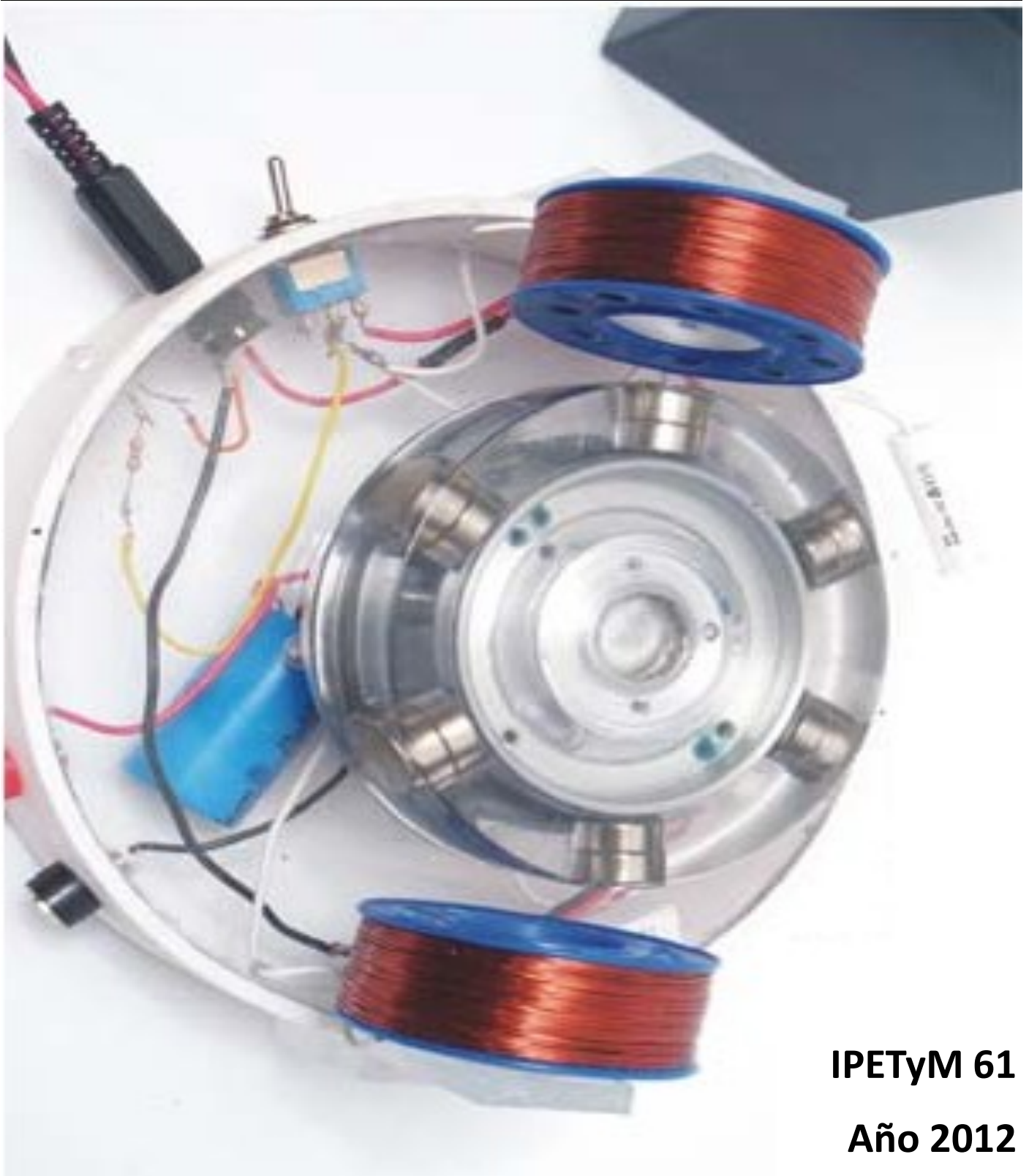


Apuntes de la Materia

ELECTROTECNIA I

Prof. Ernesto Tolocka



IPETyM 61

Año 2012

CONTENIDO

Unidad 1: La Electricidad

La electricidad como forma de energía. Efectos de la electricidad. Generación y distribución. Moléculas y átomos. En el interior del átomo. Carga eléctrica. Electrones libres. El Coulomb. Corriente eléctrica. Medición de la intensidad de corriente. Corriente continua y alterna. Simbología. Circuito eléctrico. Esquemas eléctricos.

Unidad 2. Resistencia eléctrica

Conductores y aisladores. Unidad de medida. Resistividad. Resistencia de un conductor. Efectos de la temperatura sobre la resistencia. Resistencia de los aislantes. Rigidez dieléctrica. Resistores. Aspecto físico y símbolos de los resistores. Unidad de medida. Otros parámetros de los resistores. Tipos. Resistores fijos. Resistores variables. Código de colores. Tolerancia. Valores normalizados.

Unidad 3. Potencia y Energía

Concepto de Energía. Potencia eléctrica. Cálculo de la potencia. Medición de la potencia. Múltiplos y submúltiplos. Cálculo de la Energía. Medición de la Energía. El HP. Efecto Joule. Cálculo de la sección de los conductores. Densidad de corriente. Cortocircuito y sobrecarga. Elementos de protección.

Unidad 4. Leyes de los circuitos eléctricos

Magnitudes eléctricas. Ley de Ohm. Circuito serie. Circuito paralelo. Circuito mixto. Leyes de Kirchhoff. Conexión de resistencias en serie y paralelo.

Unidad 5. Pilas y acumuladores

Pilas, baterías o acumuladores. Principio de funcionamiento. Características de las pilas. Tipos de pilas. Baterías o acumuladores. Características de los acumuladores. Efecto memoria. Tipos de acumuladores. Agrupamiento en serie y paralelo. Fabricando pilas en casa.

Unidad 6. Condensadores o capacitores

Principio de funcionamiento. Capacidad. Características de los capacitores. Tipos de capacitores. Simbología. Asociación de capacitores. Circuitos RC. Aplicaciones de los capacitores.

Unidad 7. Magnetismo y electromagnetismo

Introducción. Imanes naturales y artificiales. Materiales magnéticos y no magnéticos. Polos de un imán. Interacción entre los polos de un imán. Origen del magnetismo. El campo magnético. Líneas de fuerza. Intensidad del campo magnético. El campo magnético terrestre. Corriente eléctrica y magnetismo. Campo magnético en un conductor. Campo en una espira. Campo en una bobina. Electroimán. Construyendo un electroimán. Fuerza magnetomotriz. Intensidad de campo magnético (H). Permeabilidad magnética. Curva de magnetización. Ciclo de histéresis. Circuito magnético. Entrehierro.

La presente guía fue confeccionada a partir de material de elaboración propia y material recopilado en Internet que se presume de libre acceso. Si en algún caso esto constituyera una violación a leyes de propiedad intelectual, comunicarse con el autor en la dirección de correo citada mas abajo para subsanar el inconveniente.



Esta guía se puede copiar y distribuir y hacer obras derivadas siempre y cuando se cite la obra original y su autor. No se permiten usos comerciales de la misma ni sus derivados, los que deben distribuirse bajo una licencia idéntica a la obra original.

Contacto: etolocka@gmail.com

UNIDAD 1. LA ELECTRICIDAD

La electricidad está presente a nuestro alrededor en todos los aspectos de nuestra vida, hasta el punto en que nos hemos vuelto dependientes de ella. Veamos si no que pasa cuando “se corta la luz”: sin televisión, sin equipos de música, sin iluminación artificial. Veremos en esta unidad algunos aspectos generales de la electricidad, cuales son sus efectos, como se genera y de donde proviene.

1.1. ¿Qué es la electricidad?

Desde los primeros tiempos de su historia el hombre sintió curiosidad por los fenómenos eléctricos que se manifestaban en la naturaleza, por ejemplo, a través de relámpagos o rayos en una tormenta. Desde entonces se ensayaron varias explicaciones sobre estos fenómenos, pero recién en los últimos 150 años, gracias al trabajo de personas como Edison, Volta o Faraday entre otros, se fueron descubriendo las leyes físicas detrás de los mismos.

Hoy podemos decir que la electricidad es una forma de energía, que podemos aprovechar, gracias a diversos dispositivos o mecanismos, para producir distintos tipos de trabajos.

LA ELECTRICIDAD ES UNA FORMA DE ENERGÍA

1.2. Efectos de la electricidad

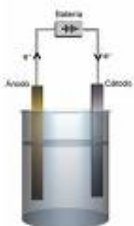
La electricidad es invisible, no podemos verla sino a través de los efectos que produce cuando se transforma en otro tipo de energía, como sucede en un motor eléctrico donde la energía eléctrica se transforma en energía mecánica o en una lámpara donde se produce transformación a energía lumínica y térmica.



Efecto térmico: Cuando circula la corriente por ciertos materiales llamados resistivos, se produce calor en los mismos, lo que permite la construcción de estufas, calefactores, cocinas, calentadores, hornos, planchas, etc.



Efecto luminoso: En las lámparas incandescentes, la circulación de corriente calienta un filamento, lo que produce la generación de luz.



Efecto químico: Al pasar la corriente por ciertos líquidos, estos se separan en sus componentes, conociéndose este fenómeno como electrolisis. Gracias a esto se pueden producir productos químicos y metales, baños metálicos (galvanizado) y recarga de baterías y acumuladores.



Efecto magnético: La corriente produce campos magnéticos cuando circula por un conductor. Aprovechando este efecto se pueden construir electroimanes, motores eléctricos, parlantes, instrumentos de medida, etc.

1.3. Generación y distribución

La electricidad se produce en **centrales eléctricas**, empleando **generadores eléctricos** movidos por turbinas. Hay una variedad de centrales, dependiendo de la manera en que hacen funcionar a los generadores. En las centrales hidroeléctricas, se mueven gracias al pasaje del agua almacenada en un dique o embalse. En una central nuclear, es el reactor que produce vapor de agua, y en una central termoeléctrica, esto se logra quemando combustibles fósiles, como petróleo, gas o carbón.



Generador eólico

Existen otras formas alternativas de generación, mas amigables con el medio ambiente, tales como los conversores de energía solar, los generadores eólicos (que aprovechan el viento para mover los generadores) y los mareomotrices, que transforman en electricidad la

energía proveniente de las mareas.

Una vez producida la electricidad, hace falta acondicionarla para transportarla hasta donde es consumida. Las centrales producen entre 10.000 y 20.000 voltios, pero para su transporte en largas distancias se la eleva hasta 500.000 voltios, utilizando estaciones transformadoras.

Una vez que llega hasta los centros de consumo, como las ciudades, se vuelve a adaptar para su transporte, bajándola a valores de 6.600 o 33.000 voltios y luego a 220V en cada barrio o en edificios grandes, mediante el uso de transformadores.



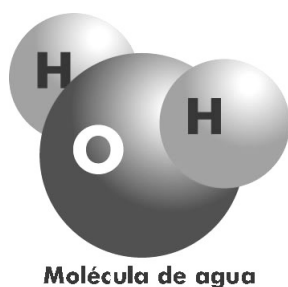
Transformador de media tensión

1.4. Moléculas y átomos

Tomemos una gota de agua y la dividamos en dos con ayuda de un cuchillo afilado. Obtendremos dos gotas, probablemente de distintos tamaños. Tomemos a continuación una de ellas y la volvamos a dividir, y luego una vez mas y una vez mas... hasta donde podremos llegar en este proceso de división?

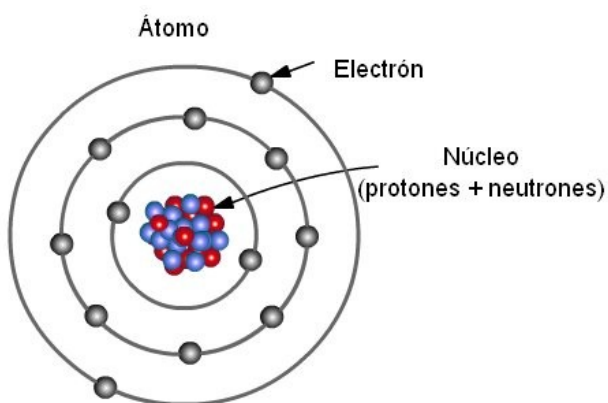
Mas allá de las limitaciones de la herramienta que estamos usando (el cuchillo), hay un límite en la posibilidad de subdivisión de la materia. Si pudiéramos seguir dividiendo a la gota de agua llegaría un momento en que tendríamos la menor porción posible de materia que conserva las características químicas del material del cual partimos. Habremos llegado al nivel de las moléculas, individualizando una **molécula de agua**.

Si seguimos el proceso de división y separamos los componentes de la molécula, lo que obtendremos ya no será agua, se comportará de una manera diferente. Hemos llegado al nivel de los **átomos**. En este caso, obtendremos tres átomos: uno de oxígeno y dos de hidrógeno.



1.5. En el interior del átomo

El átomo es muy pequeño, del orden de una diezmillonésima parte de un milímetro, pero está compuesto de partes todavía mas pequeñas, como el núcleo y los electrones. El núcleo es la parte central y está formado por partículas llamadas protones y neutrones. Los electrones son otras partículas, mas pequeñas, que giran en las órbitas alrededor del núcleo.

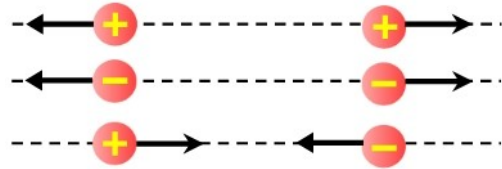


1.6. Carga eléctrica

Los protones y electrones que forman parte de un átomo tienen una característica particular: cuando están a una distancia relativamente pequeña se atraen entre sí. Y algo curioso pasa también entre dos protones o dos electrones: pero esta vez en lugar de atraerse, se alejan uno del otro. Esto se debe a una propiedad de estas partículas llamada **carga eléctrica**, que puede tener dos valores: positivo y ne-

gativo. Los protones tienen carga eléctrica positiva y los electrones, negativa.

Los átomos tienen la misma cantidad de carga eléctrica positiva que negativa, no predomina ninguna de las dos, por lo que se dice que es eléctricamente neutro.

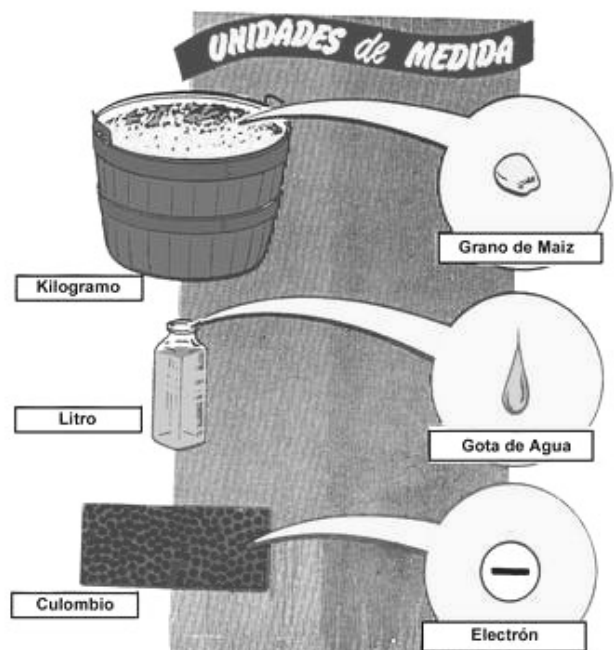


1.7. Electrones libres

Los electrones están unidos al núcleo del átomo al que pertenecen por la fuerza eléctrica (los protones del núcleo son positivos y los electrones negativos, por lo tanto se atraen) pero a veces, un electrón puede separarse del átomo. Cuando esto ocurre el átomo queda desbalanceado eléctricamente y se convierte en un **ión** con carga positiva. El electrón, mientras tanto, puede moverse con cierta facilidad dentro del material convirtiéndose en lo que se denomina **electrón libre**.

1.8. El Coulomb

Las cargas pueden agruparse en zonas de un material o pueden almacenarse en aparatos especiales. Para poder medir esta cantidad de carga se utiliza una unidad de medida denominada COULOMB o CULOMBIO, en honor del físico Charles Coulomb, que realizó importantes estudios relacionados con la electricidad. El coulomb equivale a 6.241506×10^{18} veces la carga de un electrón.



1.9. Corriente Eléctrica

Bajo ciertas circunstancias, se puede producir un desbalance de cargas dentro de un material. Es lo que ocurre por ejemplo durante una tormenta: la fricción de las nubes con el aire produce acumulación de cargas negativas en una zona y positivas en otra. Este desbalance se denomina **diferencia de potencial**. En el caso de la nube, esta diferencia de potencial es la causante de la aparición de los rayos y relámpagos, que no son otra cosa que el movimiento de cargas desde zonas de distinto potencial eléctrico.

Este movimiento de cargas se denomina **CORRIENTE ELÉCTRICA**. En el caso de las cargas en las nubes, cesa en cuanto se restablece el balance de las cargas eléctricas. Pero existen dispositivos eléctricos que son capaces de generar una diferencia de cargas, una diferencia de potencial constante y permanente en el tiempo, tales como las pilas o baterías.

Cuando establecemos una conexión, un camino, entre los dos bornes de una pila con un cable, los electrones libres dentro del cable se mueven repelidos por el borne negativo y atraídos por el positivo, produciendo también una corriente eléctrica.

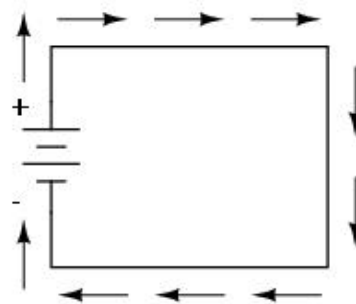
La unidad de medida de la corriente eléctrica es el **AMPER** o **AMPERIO**. Se define a un amper como el movimiento de una carga equivalente a un Coulomb (1 C) por segundo.



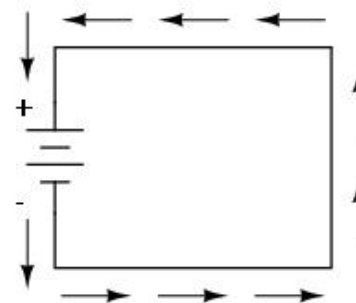
1.10. Sentido de circulación de la corriente

Como dijimos antes, la corriente eléctrica es el movimiento de los electrones en un conductor. Como estos tienen carga negativa, son repelidos por el borne negativo (-) y atraídos por el positivo (+). Por esta razón, este se conoce como el **sentido electrónico** de la corriente.

Sin embargo, antes se creía que era al revés, del borne de mayor potencial (+) al de menor potencial (-). Este sentido, llamado **convencional** es el que más se ha utilizado hasta ahora, por lo que lo utilizaremos a lo largo de todo este apunte.



Sentido Convencional



Sentido electrónico

1.11. Medición de la intensidad de corriente

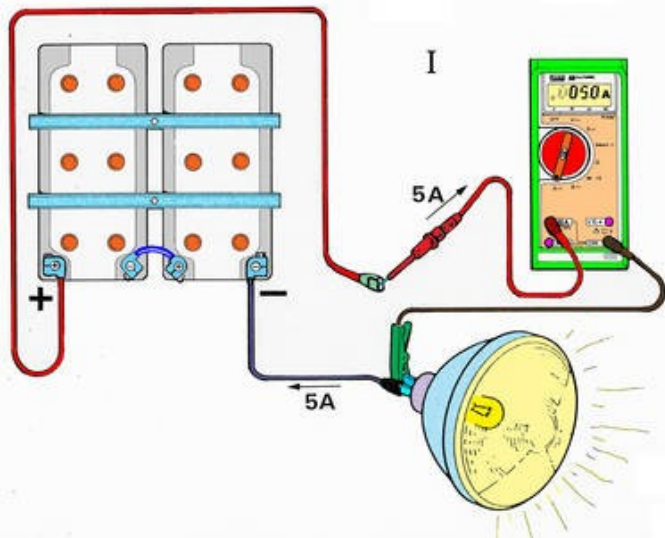
Para medir la intensidad de la corriente eléctrica se emplea un instrumento de medida denominado **amperímetro**. Como lo que debemos medir es la cantidad de cargas que pasan por dentro del conductor, el amperímetro se debe intercalar en el conductor para que las mismas cargas pasen a través de él.



Esta forma de conexión se llama **conexión en serie**.

Muchas veces los amperímetros vienen combinados con otros instrumentos en uno que se llama **tester** o **polímetro**, que son los que usaremos en nuestras prácticas de taller.





También son muy empleadas, sobre todo para medir corrientes de varios amperes, las llamadas **pinzas amperométricas** sumamente útiles ya que permiten medir sin tener que cortar el circuito para intercalar el instrumento en serie.



La unidad de medida de la intensidad de corriente eléctrica es el amper, que equivale al movimiento de 1 Columb durante un segundo. Sin embargo, cuando se trata de corrientes muy pequeñas o muy grandes, esta unidad de medida no es adecuada, por lo que se recurre a sus múltiplos y submúltiplos.

Para medir corrientes pequeñas se usan los submúltiplos del amper:

1 mA (miliamper) = 1 milésima de amper (0,001 A)

1 μ A (microamper) = 1 millonésima de amper (0,000001 A)

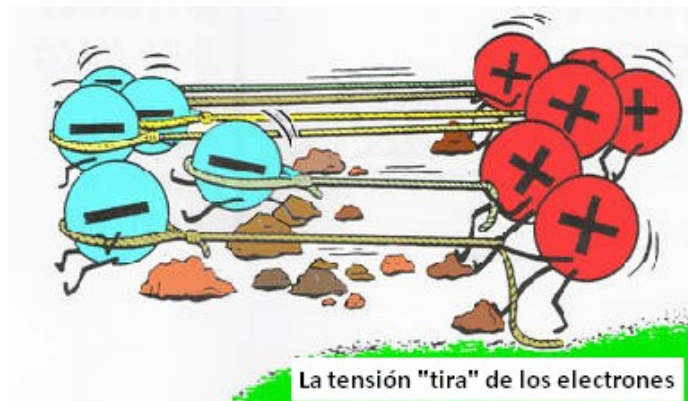
En el otro extremo, aunque su uso es mas infrecuente, se usan los múltiplos:

1 KA (kiloamper) = 1.000 amperes

1 MA (mega-amper) = 1.000.000 amperes

1.12. Tensión Eléctrica

Para que haya movimiento de cargas, es decir, circulación de corriente eléctrica, debe haber una diferencia de cargas entre los extremos del conductor, así como para que circule el agua en un caño debe haber una diferencia de altura entre el tanque de agua y el caño. Esta diferencia de cargas, o diferencia de potencial que “empuja” a los electrones a moverse se denomina Tensión eléctrica y su unidad de medida es el **VOLT o VOLTIO**.



La tensión "tira" de los electrones

Tal como sucede con la corriente, a veces el Voltio no es la unidad mas apropiada para medir una tensión, por lo que se recurre al empleo de múltiplos y submúltiplos del mismo:

1 mV (milivoltio) = 1 milésima de voltio (0,001 V)

1 μ V (microvoltio) = 1 millonésima de voltio (0,000001 V)

Para tensiones grandes:

1 KV (kilovoltio) = 1.000 voltios

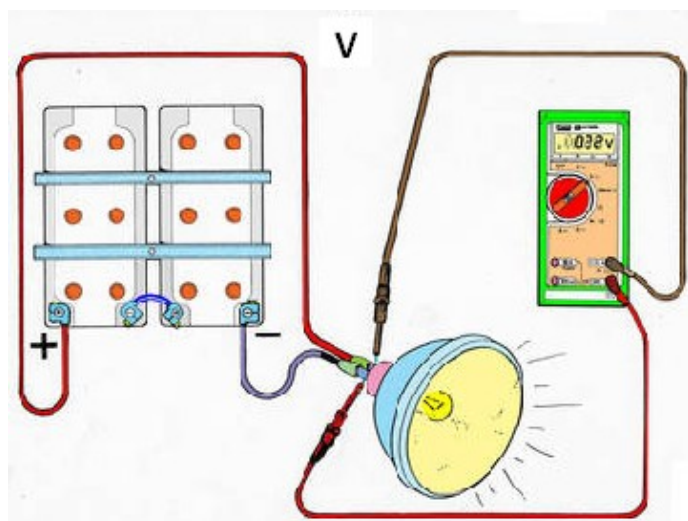
1 MV (megavoltio) = 1.000.000 voltios

1.13. Medición de la Tensión eléctrica

Para medir la tensión eléctrica se emplea un instrumento de medida denominado **voltímetro**. Como lo que debemos medir es la diferencia de cargas o potencial entre dos puntos, el voltímetro se debe conectar directamente entre los puntos a medir.



Esta forma de conexión se llama **conexión en paralelo**.



Al igual que en el caso de la corriente, para medir la tensión también se puede usar un **tester**.

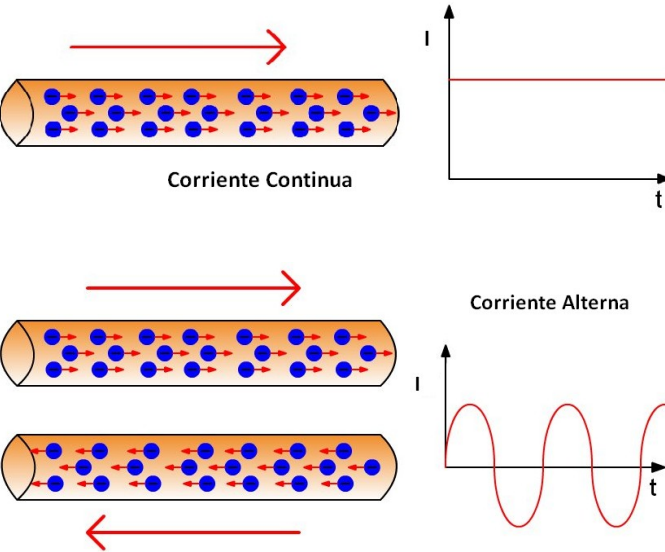
1.14. Corriente continua y alterna

Si la corriente eléctrica circula siempre en una misma dirección, aunque varíe en su magnitud es llamada **Corriente Continua**.

En cambio, si la corriente cambia permanente de dirección, circulando en un momento en un sentido y luego en el sentido opuesto, se llama **Corriente Alterna**.

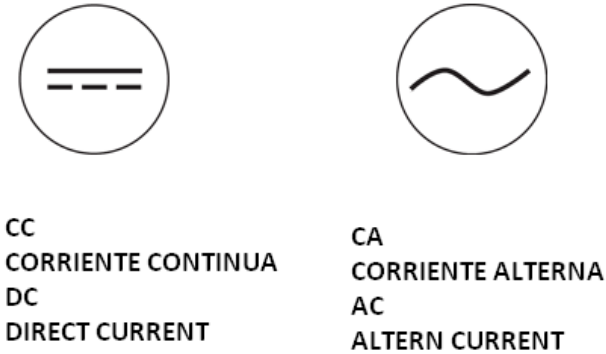
Las pilas, baterías y dínamos son fuentes de Corriente Continua.

Los alternadores y los generadores usados por las empresas eléctricas (como EPEC) son fuentes de Corriente Alterna.



1.15. Simbología

En los distintos instrumentos o aparatos eléctricos se indica el tipo de corriente que emplean o miden. Los símbolos usados para cada tipo de corriente y su denominación en inglés se muestran en la siguiente imagen.

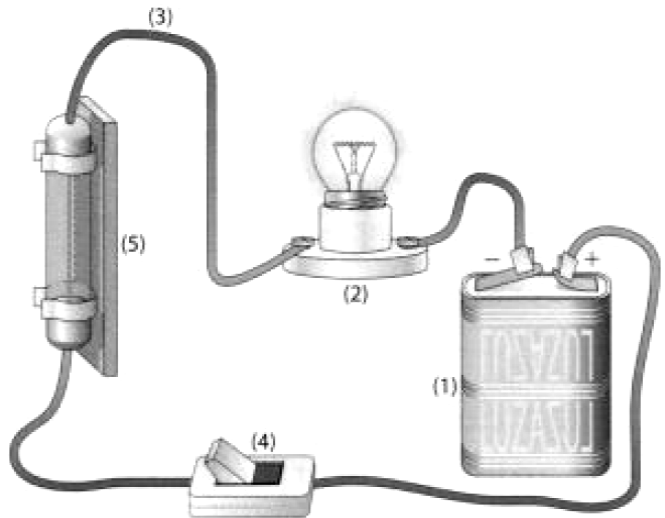


1.16. Circuito eléctrico

Un circuito eléctrico es un camino cerrado para la circulación de corriente. Está formado por un conjunto de elementos eléctricos unidos entre sí a través de los cuales circula la corriente eléctrica.

Los elementos que forman un circuito son los siguientes:

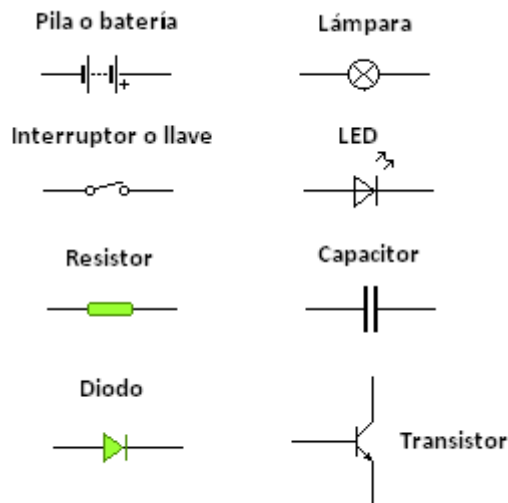
Elemento	Función
Fuentes de Tensión (1)	Producen la diferencia de potencial o tensión que impulsa a los electrones que forman la corriente. Pilas, baterías, etc.
Receptores (2)	Transforman la energía eléctrica en otro tipo de energía, como los motores o lámparas.
Conductores (3)	Unen las partes del circuito y transportan la corriente eléctrica. Suelen ser cables de cobre.
Elementos de control (4)	Permiten o impiden el paso de la corriente. Interruptores, pulsadores, etc.
Elementos de protección (5)	Protegen de los efectos de la electricidad a las personas y las instalaciones. Fusibles, termomagnéticas, etc.



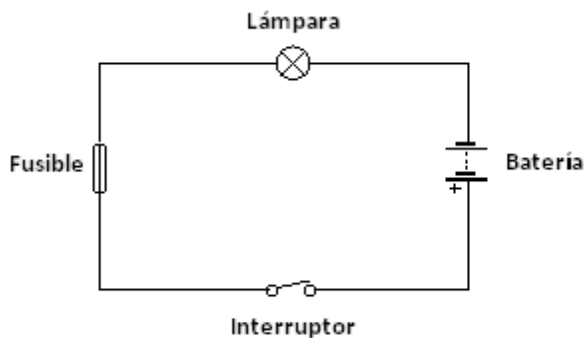
1.17. Esquemas eléctricos

Un esquema o plano eléctrico es una representación gráfica de un circuito utilizando símbolos normalizados. Permite que cualquier persona reconozca e interprete los elementos que forman el circuito y las conexiones entre ellos.

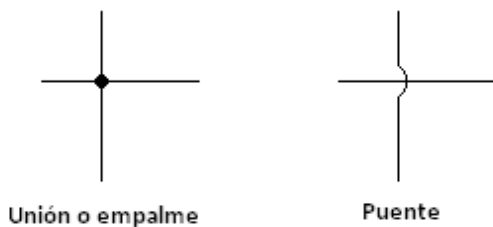
Los símbolos empleados en los esquemas están normalizados por normas nacionales e internacionales. Estos son sólo algunos de ellos:



El circuito de la página anterior se representa esquemáticamente de la siguiente manera:



Los símbolos de los componentes se unen con líneas rectas, representando los cables. Cuando hay una unión de cables o empalmes, se indica con un punto. Cuando se quiere poner en evidencia que no hay unión, se indica con un símbolo de puente sobre uno de los cables:



Cuestionario Unidad 1

- 1) La electricidad es una forma de energía. ¿A qué otras formas se puede convertir y qué dispositivos o máquinas se emplean en esa conversión?
- 2) ¿Cuál es la menor porción de materia que se puede separar conservando las propiedades químicas originales del material?
- 3) ¿Qué partículas forman el átomo?
- 4) ¿Cómo se llama la propiedad de estas partículas y que valores puede tener?
- 5) ¿Qué son los electrones libres?
- 6) ¿Qué es un Coulomb y a cuánto equivale?
- 7) ¿Qué es la corriente eléctrica?
- 8) ¿Cómo se define 1 Amper?
- 9) ¿Qué instrumento se utiliza para medir la intensidad de corriente?
- 10) ¿Cómo se conecta ese instrumento?
- 11) ¿Cómo es el sentido de circulación convencional de la corriente?
- 12) ¿Qué es la Tensión Eléctrica?
- 13) ¿Cuál es la unidad de medida de la Tensión eléctrica?
- 14) ¿Qué instrumento se utiliza para medir la tensión?
- 15) ¿Cómo se conecta ese instrumento?
- 16) ¿Qué diferencia hay entre CC y CA?
- 17) Dibuja los símbolos de CC y CA.
- 18) Menciona una fuente de CC y una de CA.
- 19) ¿Qué es un circuito eléctrico?
- 20) ¿Qué son los esquemas eléctricos?

Ejercicios Unidad 1

- 1) Si por un conductor se mueven 2 Coulombs en 0,5 segundos ¿Cuál es la intensidad de la corriente?
- 2) Si por el mismo conductor circulan ahora 4 coulombs en el mismo tiempo ¿Cuánto vale la corriente en amperes?
- 3) ¿A cuántos miliamperes equivalen 0,1 A?
- 4) ¿A cuántos amperes equivalen 10 mA?
- 5) ¿A cuántos KV equivalen 13.200 volts?
- 6) ¿A cuántos milivoltios equivalen 0,1 Volts?

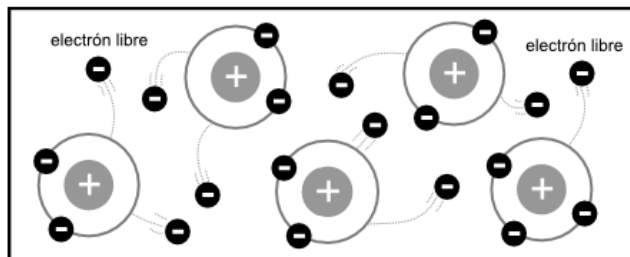
UNIDAD 2. RESISTENCIA ELÉCTRICA

Como vimos antes, la corriente eléctrica es el movimiento de electrones libres dentro de un material. Pero este movimiento no es totalmente libre, siempre existe alguna oposición que entorpece el movimiento de los electrones. Este entorpecimiento, esta dificultad que ofrecen algunos materiales al paso de la corriente se denomina **resistencia eléctrica**.

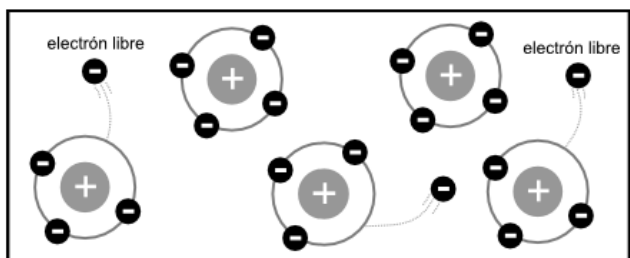
2.1. Conductores y aisladores

No todos los materiales oponen la misma resistencia al paso de la corriente. La cantidad de electrones libres disponibles determina esta propiedad. Los átomos de algunos materiales ceden fácilmente sus electrones externos. Estos materiales ofrecen poca resistencia al paso de la corriente y se denominan conductores. Otros materiales, en cambio, retienen con firmeza sus electrones. Ofrecen por lo tanto considerable oposición al paso de la corriente y se denominan aislantes.

UN CONDUCTOR TIENE MUCHOS ELECTRONES LIBRES



UN AISLANTE TIENE POCOS ELECTRONES LIBRES



2.2. Unidad de medida

Todos los materiales presentan algún grado de resistencia a la circulación de corriente. Los aislantes, una resistencia elevada. Los conductores, una pequeña. No hay ningún material que presente una resistencia nula. Para poder medir la cantidad de resistencia que ofrecen los materiales y compararlos entre sí se emplea una unidad denominada “ohm”, que se representa por la letra griega omega (Ω).

Los múltiplos mas usados del ohm son el kilo-ohm (K Ω) y el mega-ohm (M Ω):

1 K Ω = 1.000 Ω (mil ohms)

1 M Ω = 1.000.000 (un millón de ohms)

Y dentro de los submúltiplos, usados para bajos valores de resistencias, el mas usado es el mili-ohm (m Ω):

1 m Ω = 0,001 Ω (una milésima de ohm)

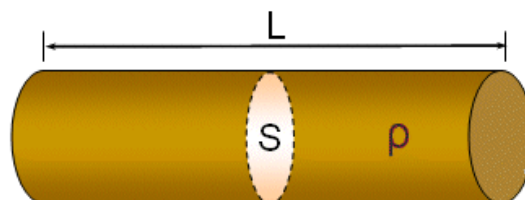
2.3. Resistividad

La resistividad es una medida de la oposición que ofrece un material al paso de la corriente. Un valor alto de resistividad indica que el material es mal conductor mientras que uno bajo indicará que es un buen conductor.

Se designa por la letra griega rho minúscula (ρ) y se mide en ohm-milímetro cuadrado por metro ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) o, en algunas aplicaciones, en ohm metro ($\Omega \cdot \text{m}$).

2.4. Resistencia de un conductor

El valor de resistencia de un conductor eléctrico (un cable, por ejemplo) depende de varios factores: el material del que esté construido (por la resistividad de ese material), su longitud, su sección y también de la temperatura a la que está expuesto. Dejando de lado por un momento la influencia de la temperatura, que estudiaremos luego, la resistencia de un conductor está dada por la siguiente fórmula:



$$R = \rho \frac{L}{S}$$

donde:

R = resistencia del conductor [Ω]

ρ = resistividad del material [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$]

L = longitud del conductor

S = sección transversal del conductor [mm^2]

La influencia de la resistividad es evidente, dado que determina cuan buen conductor es ese material. Si la resistividad es elevada, el material es un mal conductor y su resistencia será elevada también. En cambio si la resistividad es baja, el material es buen conductor y su resistencia será baja.

En el caso de la longitud, cuanto mas largo sea el conductor, mas “fuerza” deberá realizar la fuente de tensión para que circule la corriente, y mas camino deberán recorrer los electrones libres del interior del conductor. Por esto, a medida de que la longitud aumente, también lo hará la resistencia.

Finalmente, la dependencia inversa de la sección se debe a que cuando la sección es mayor, hay mas electrones libres para conducir la corriente y la resistencia disminuye, en tanto que si achicamos la sección, la cantidad de electrones libres es menor y la resistencia aumenta.

Material	Resistividad a 20°C ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	Tipo de material
Plata	0,0158	Conductor
Cobre	0,0170	
Oro	0,0222	
Aluminio	0,0282	
Wolframio	0,0565	
Níquel	0,064	
Hierro	0,089	
Platino	0,0106	
Estaño	0,0115	
Acero inoxidable	0,072	
Grafito	0,060	
Madera	1×10^2 a 1×10^5	Aislante
Vidrio	1×10^4 a 1×10^8	
Teflón	1×10^7	
Caucho	1×10^7 a 1×10^{10}	
Cuarzo	$7,5 \times 10^{11}$	

Ejemplo:

Calcular la resistencia de un cable de cobre de 100 metros de longitud y una sección transversal de 2 mm cuadrados.

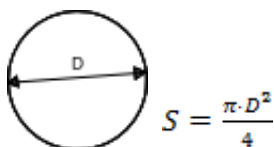
Solución:

De la tabla de resistividad obtenemos que la resistividad del cobre es de $0,0170 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Aplicando la fórmula de la resistencia:

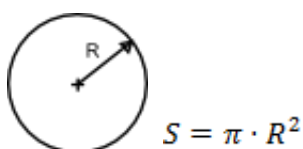
$$R = \frac{0,0170 \left(\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right) * 100 (\text{m})}{2 (\text{mm}^2)} = 0,85 \Omega$$

Para calcular la sección circular

Conociendo el diámetro (D)



Conociendo el radio (R):



2.5. Efectos de la temperatura sobre la resistencia

La variación de la temperatura produce una variación en la resistencia. La mayoría de los metales aumenta su resistencia al aumentar la temperatura, por el contrario, en otros elementos, como el carbono o el germanio la resistencia disminuye.

Material	Coefficiente de temperatura (α)
Níquel	0,006
Hierro comercial	0,0055
Tungsteno	0,0045
Cobre	0,00393
Aluminio	0,0039
Plomo	0,0039
Plata	0,0038
Manganina	0,00003
Constantan	0,000008

Experimentalmente se comprueba que para temperaturas no muy elevadas, la resistencia a un determinado valor de t (R_t), viene dada por la expresión:

$$R_t = R_o * (1 + \alpha * \Delta T)$$

donde

- **R_o** = Resistencia de referencia a 20 °C.
- **α** = Coeficiente de temperatura.
- **ΔT** = Diferencia de temperatura respecto a los 20 °C ($t-20$).

En la tabla de la página siguiente se pueden ver los valores del coeficiente de temperatura de algunos materiales.

Ejemplo:

Medimos la resistencia del bobinado de un motor (que está hecho de alambre de Cobre) antes de haber funcionado (a la temperatura de 20 °C) y obtenemos un resultado de 4 ohms. Determinar la resistencia que alcanzará cuando esté en funcionamiento a una temperatura de 75 °C.

Solución:

$$R(75^\circ) = R(20^\circ) (1 + \alpha \Delta T)$$

De la tabla sacamos el valor de α para el cobre: 0,00393.
 ΔT es la variación de temperatura: $75^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 55^\circ\text{C}$

$$R(75^\circ) = 4 \text{ ohms} (1 + 0,00393 \cdot 55) = 4,86 \text{ ohms}$$

2.6. Resistencia de los aislantes

Así como existen materiales que son mejores conductores que otros, también existen materiales con mayor capacidad de aislamiento que otros. De tal forma que, cuanto mayor es la resistividad de un aislante, mayor es su capacidad de aislamiento.

Dar una cifra exacta de la resistividad de cada uno de los aislantes es un poco complicado, ya que ese valor se puede ver reducido por el grado de humedad y la temperatura.

Así, por ejemplo, el agua pura posee una resistividad aproximada de $10 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}^2/\text{m}$ y la porcelana $10^{11} \text{ M}\Omega \cdot \text{m}^2/\text{m}$.

2.7. Rigidez dieléctrica

Otra forma de medir la calidad de aislamiento de un material es conociendo su **rigidez dieléctrica**.

La rigidez dieléctrica de un aislante es la tensión que es capaz de perforarlo, con lo que se establece la circulación de corriente.

Esto quiere decir que los aislantes no son perfectos y que pueden ser atravesados por una corriente si se eleva suficientemente la tensión.

Cuando un aislante es perforado por la corriente, la chispa que lo atraviesa suele provocar su destrucción, sobre todo si se trata de un material sólido, ya que la temperatura que se desarrolla es altísima.

La tensión necesaria para provocar la perforación de un aislante se expresa en kilovoltios por milímetro de espesor del aislante. Este dato no es constante y depende de la humedad contenida en el aislante, de la temperatura, de la duración de la tensión aplicada y muchas otras variables.

Material	Rigidez dieléctrica (kV/mm)
Agua	12
Papel	16
Aceite Mineral	4
Cloruro de Polivinilo (PVC)	50
Aire seco	3
Polietileno	16

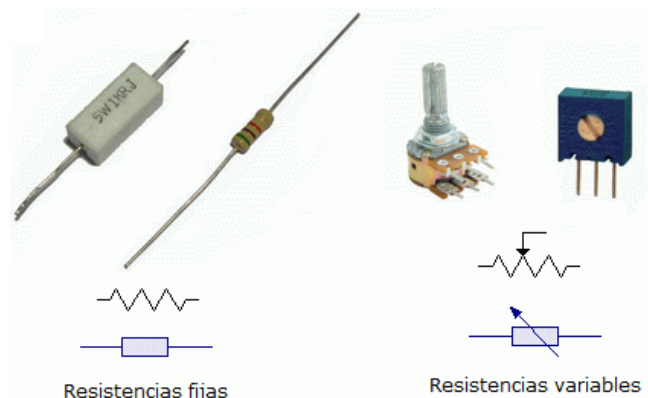
2.8. Resistores

Vimos antes el concepto de RESISTENCIA y aprendimos, entre otras cosas, a calcular la resistencia de un conductor. Dijimos que la resistencia es la oposición al paso de la corriente y lo vimos como un obstáculo, como una molestia que preferiríamos no tener en los circuitos. Sin embargo, en muchas oportunidades, la resistencia es algo útil, por ejemplo para convertir la energía eléctrica en calor (en una estufa, la plancha o un calentador de agua) o cuando queremos limitar la corriente a un valor seguro.

En estos casos se emplean componente comerciales denominados RESISTORES en aplicaciones de electrónica o simplemente RESISTENCIAS cuando se trata de producir calor.

2.9. Aspecto físico y símbolo de los resistores

En la figura se puede observar el aspecto físico de los tipos más comunes de resistores utilizados en los aparatos electrónicos y los símbolos con los cuales se representan en los diagramas o planos.



2.10. Unidad de medida

La resistencia eléctrica se mide en OHM, por lo tanto el valor de los resistores se mide en la misma unidad y se simboliza también con la letra griega OMEGA (Ω).

Los resistores tienen valores comprendidos entre menos de 1 ohmio y varios millones de ohmios y no es fácil mostrar en un diagrama todos los ceros que tiene una resistencia de alto valor. Escribir 220.000 ohmios o 10.000.000 ohmios puede ser difícil. Para resolver el problema, se utilizan los términos Kilo y Mega con sus respectivas letras K y M para indicar los múltiplos de miles y millones. La letra K significa mil unidades y equivale a tres ceros (000) después del primer número. La letra M significa un millón de unidades y equivale a seis ceros (000000) después del primer número.

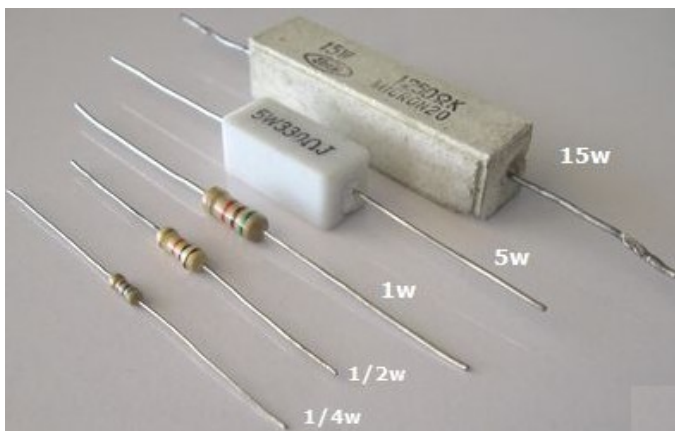
Así, en cambio de escribir 22.000 ohmios escribimos 22 Kohm o simplemente 22K Ω . Este valor se puede leer como 22 Kiloohmios o simplemente como 22K. Para escribir 5.600.000 ohmios se puede indicar como 5.6 M Ω y se lee como 5 punto 6 Megas.

Ejemplos: 47K Ω serían 47.000 Ω o 47Kiloohmios, 10M Ω serían 10.000.000 Ω o 10 Megaohmios. Cómo se descifraría una resistencia de 4.7K Ω ? Es sencillo, corremos el punto decimal tres puestos quedando 4.700 Ω

2.11. Otros parámetros de los resistores

Luego, en la próxima unidad veremos que al circular corriente eléctrica por una resistencia, parte de la energía eléctrica se transforma en calor alrededor de la misma. Este fenómeno se aprecia más en las resistencias de los hornos, estufas, planchas eléctricas, etc. La resistencia debe estar construida para soportar esa disipación de calor.

Los resistores comerciales, además de su tipo, y su valor en ohms, se diferencian por su capacidad para soportar el calor que desarrollan sin deteriorarse. Este parámetro se denomina potencia y se mide en vatios. En los circuitos electrónicos se utilizan resistencias de baja potencia, como las de 1/8, 1/4, 1/2, 1 y 2 vatios. En otras aplicaciones es común encontrar resistencias de potencia mas elevada, como 5, 10, 15, 20 y 50 vatios. El tamaño físico de las resistencias depende de la potencia que son capaces de soportar, siendo las más grandes las de mayor valor.



2.12. Tipos de resistores

Los resistores están construidas con diferentes materiales resistivos, en diversos tipos, formas y tamaños dependiendo de su aplicación y se clasifican en dos grandes grupos, resistores fijos y resistores variables.

2.12.1. Resistores fijos

A este grupo pertenecen todos los resistores que presentan un mismo valor sin que exista la posibilidad de modificarlo a voluntad.

De acuerdo con su material de construcción los resistores fijos se clasifican en dos grandes grupos principales:

- Carbón
- alambre

Resistores de carbón

Hay dos tipos de resistores fijos de carbón, los aglomerados y los de capa o película. En los aglomerados, el elemento resistivo es una masa homogénea de carbón, mezclada con un elemento aglutinante y fuertemente prensada en forma cilíndrica. Los terminales se insertan en la masa resistiva y el conjunto se recubre con una resina aislante de alta disipación térmica.

Existe otro método de fabricación de los resistores de carbón que consiste en recubrir un tubo o cilindro de porcelana con

una capa o película de carbón, o haciendo una ranura en espiral sobre la porcelana y recubriéndola luego con la película de carbón, quedando parecida a una bobina. Estas son las resistencias de baja potencia como las de 1/8, 1/4, 1/3, 1/2, 1 y 2 vatios.



Resistores de alambre

Se construyen con un alambre de aleación de níquel y cromo u otro material con características eléctricas similares. El alambre se enrolla sobre un soporte aislante de cerámica y luego se recubre con una capa de esmalte vítreo, con el fin de proteger el alambre y la resistencia contra golpes y corrosión.

Son resistencias hechas para soportar altas temperaturas sin que se altere su valor. Por tanto, corresponden a las potencias altas como 5, 10, 20, 50 y más vatios.



2.12.2. Resistores variables

Son aquellos resistores cuyo valor en ohmios puede ser variado dentro de un rango ya sea de forma manual o mediante algún estímulo externo tal como la luz, el calor, el sonido, el voltaje, etc.

Los potenciómetros

Los potenciómetros son resistores variables ampliamente utilizados cuyo valor en ohmios se puede ajustar a voluntad por medio de un eje o tomillo. En la figura podemos observar los principales tipos de potenciómetros empleados en estos circuitos.

La aplicación más conocida de los potenciómetros la tenemos en los controles de volumen y tonos (altos y bajos) en los aparatos de sonido, en los ecualizadores, en el control de brillo y contraste en los televisores y para fines especiales en algunos instrumentos electrónicos.

Los potenciómetros se fabrican depositando una capa de carbón sobre una sección circular o rectangular de fibra o material compacto y aislante. Un eje en el centro permite que un contacto móvil se deslice a través de la sección resistiva.



2.13. El código de colores

Para las resistencias de alambre o de carbón de 1 vatio en adelante es fácil escribir el valor en su cuerpo, pero para las resistencias más pequeñas es muy difícil hacerlo ya que su tamaño lo impide.

Para las resistencias pequeñas de carbón y película de carbón, existe un método de identificación muy versátil llamado el código de colores. Este método, que utiliza tres, cuatro o cinco líneas de colores pintadas alrededor del cuerpo de la resistencia, sirve para indicar su valor en Ohms y su precisión.

El sistema de las líneas de colores resuelve dos problemas principalmente:

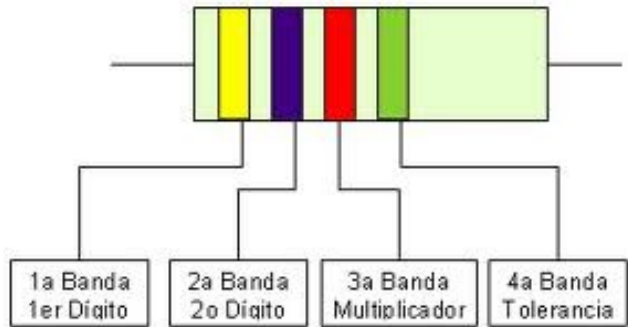
- Sería demasiado difícil ver números grandes marcados en resistencias pequeñas. Por ejemplo: 1.000.000 ohmios en una resistencia de 1/4 de vatio no se vería muy bien.
- Si la resistencia queda en cierta posición en el circuito, se taparía este número y no se podría leer su valor.

Las bandas de colores que tienen este tipo de resistencias alrededor de su cuerpo, resuelven todos estos problemas. En este código, cada color corresponde a un número en particular. Si bien hay sistemas de 4 y 5 bandas, nosotros estudiaremos sólo el de 4 bandas.

Para leer el código de colores de una resistencia, ésta se debe tomar en la mano y colocar de la siguiente forma: la línea o banda de color que está más cerca del borde se coloca a la izquierda, quedando generalmente a la derecha una banda de color dorado o plateado.

Leyendo desde la izquierda, el color de la primera banda es el primer número, el segundo color es el número siguiente, el

tercer color es el número de ceros o multiplicador, y la cuarta línea o banda es la tolerancia o precisión. El concepto de tolerancia lo explicaremos más adelante.



Cuando leemos el código de colores debemos recordar:

- La primera banda representa la primera cifra.
- La segunda banda representa la segunda cifra.
- La tercera banda representa el número de ceros que siguen a los dos primeros números. (Si la tercera banda es negra no hay ceros en el número, si esta banda es dorada se divide por 10 y si esta banda es plateada se divide por 100).
- La cuarta banda representa la tolerancia. Esta es usualmente dorada que representa un 5%, plateada que es del 10%, marrón indica el 1%, el rojo indica un 2%, verde un 0,5% y si no tiene banda es del 20%.

Ejemplo:

Marrón, Negro, Rojo, Plata = 10 00 ohms. 10% Tolerancia

Amarillo, Violeta, Naranja, Oro = 47 000 ohms. 5% Tolerancia

COLORES	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Multiplicador	Tolerancia
Plata				x 0.01	10%
Oro				x 0.1	5%
Negro	0	0	0	x 1	
Marrón	1	1	1	x 10	1%
Rojo	2	2	2	x 100	2%
Naranja	3	3	3	x 1000	
Amarillo	4	4	4	x 10000	
Verde	5	5	5	x 100000	0.5%
Azul	6	6	6	x 1000000	
Violeta	7	7	7		
Gris	8	8	8		
Blanco	9	9	9		
--Ninguno--	-	-	-		20%

2.14. Tolerancia

Se ha mencionado que la cuarta banda indica la tolerancia de la resistencia. Esta tolerancia o precisión significa que el valor real no es necesariamente el mismo que indica el código. Un 10% de tolerancia significa que el valor real puede ser un 10% mayor o menor que el valor que indica el código.

Por ejemplo, para una resistencia de 10.000 ohmios con una tolerancia del 5% se puede tener en la práctica, cualquier valor entre 9.500 y 10.500 ohmios. El 5% de 10.000 es 500. Esta tolerancia se debe a la precisión del proceso de fabricación de esas resistencias ya que las máquinas depositan una capa ligeramente mayor o menor del compuesto resistivo.

Se fabrican resistencias con tolerancias del 20%, 10%, 5% (que son las más comunes), 2 %, 1%, 0.5 %, 0.1 % y más.

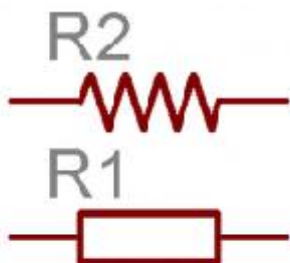
El costo de las resistencias sube considerablemente a medida que su precisión aumenta. Debemos utilizar por lo tanto las resistencias más económicas posibles pero que no alteren la operación del circuito. Por lo general, para los circuitos y proyectos básicos se utilizan resistencias con una tolerancia del 5 %.

2.15. Valores normalizados para las resistencias

Las resistencias de carbón se fabrican en ciertos valores llamados preferidos o normalizados. Esto se debe a que sería imposible tener resistencias en todos los valores posibles y no se justifica en la mayoría de los circuitos electrónicos tenerlos.

Los valores normalizados son 1, 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, 2, 2.2, 2.4, 2.7, 3, 3.3, 3.6, 3.9, 4.3, 4.7, 5.1, 5.6, 6.2, 6.8, 7.5, 8.2 y 9.1 y en todos sus múltiplos.

Estos valores son los que tienen las resistencias o resistores que se encuentran en el mercado en los almacenes o distribuidores especializados y que se utilizan para toda clase de circuitos electrónicos. Así tenemos resistencias de 1K Ω , 10K Ω , 430K Ω , 82K Ω , 33 Ω , etc.



Símbolos usados para representar resistores

Cuestionario unidad 2

- 1) ¿Cómo se clasifican los materiales según la resistencia que oponen al paso de la corriente?
- 2) ¿Cuál es la unidad de medida de la resistencia?
- 3) ¿Con qué letra se designa a la resistividad?
- 4) ¿Cómo se relaciona la resistencia de un conductor con su longitud?
- 5) ¿Cuánto vale la resistividad del Hierro? ¿Es un conductor o un aislante?
- 6) ¿Cómo varía la resistencia de un conductor al aumentar la temperatura?
- 7) ¿Qué es la rigidez dieléctrica y en que se mide?
- 8) ¿Qué es un resistor?
- 9) Según el material que se use en su construcción, ¿qué tipos de resistores hay?
- 10) ¿Qué resistores soportan más calor, los de carbón o los de alambre?
- 11) ¿Qué es un potenciómetro y en que se lo utiliza?
- 12) ¿Qué es el código de colores de los resistores?
- 13) ¿Qué significa cada una de las bandas de ese código?
- 14) ¿Qué es la tolerancia de un resistor?
- 15) ¿Existirá comercialmente un resistor de 1400 ohms?

Ejercicios unidad 2

- 1) Calcula la sección de un cable circular cuyo radio es de 1,5 mm.
- 2) Calcula la sección de un cable circular cuyo diámetro es de 5mm.
- 3) Calcula la resistencia de un cable de Aluminio de 500 metros de longitud y 3mm² de sección.
- 4) ¿Qué longitud debe tener un cable de Cobre de 1,5 mm² de sección para que su resistencia sea de 5 Ω ?
- 5) Un cable de cobre tiene una resistencia de 10 Ω a 20 °C. ¿Qué resistencia tendrá a 65 °C?
- 6) ¿Cuál es la resistencia de un cable de cobre de 1km de longitud y 4 mm² de sección?
- 7) ¿Cuál es la resistencia de una varilla de hierro de 1 metro de largo y una sección rectangular de 2mm de lado?
- 8) El área de la sección transversal del riel de acero de un tren es de 7,1 pulgadas cuadradas. ¿Cuál es la resistencia de 10 km de riel?. La resistividad el acero es de 0,06 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- 9) ¿Qué valores tienen las resistencias que tienen los siguientes colores en sus bandas:

Violeta, Rojo, Rojo, Oro

Verde, Azul, Amarillo, Plateado

UNIDAD 3. POTENCIA Y ENERGIA

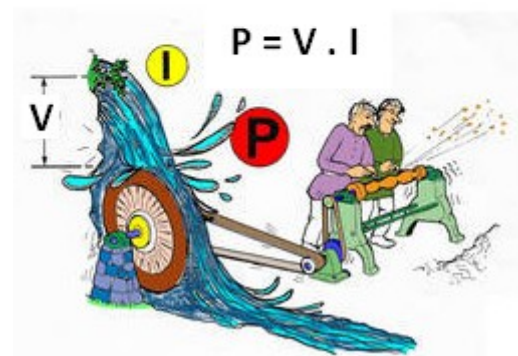
3.1. Concepto de Energía

Para entender qué es la potencia eléctrica es necesario conocer primeramente el concepto de “energía”, que no es más que la capacidad que tiene un mecanismo o dispositivo eléctrico cualquiera para realizar un trabajo.

Cuando conectamos un equipo o consumidor eléctrico a un circuito alimentado por una fuente de tensión eléctrica, como puede ser una batería, la energía eléctrica que suministra fluye por el conductor, permitiendo que, por ejemplo, una lamparita de alumbrado, transforme esa energía en luz y calor, o un motor pueda mover una maquinaria.

De acuerdo con la definición de la física, “la energía ni se crea ni se destruye, se transforma”. En el caso de la energía eléctrica esa transformación se manifiesta en la obtención de luz, calor, frío, movimiento (en un motor), o en otro trabajo útil que realice cualquier dispositivo conectado a un circuito eléctrico cerrado.

La energía utilizada para realizar un trabajo cualquiera, se mide en “joule” y se representa con la letra “J”.



3.2. Potencia Eléctrica

Potencia es la velocidad a la que se consume la energía. Si la energía fuese un líquido, la potencia sería los litros por segundo que vierte el depósito que lo contiene.

La potencia se mide en joule por segundo (J/seg) y se representa con la letra “P”.

Un J/seg equivale a 1 watt (W), por tanto, cuando se consume 1 joule de potencia en un segundo, estamos gastando o consumiendo 1 watt de energía eléctrica.

La unidad de medida de la potencia eléctrica “P” es el “watt”, y se representa con la letra “W”.

3.3. Cálculo de la potencia eléctrica

En un circuito eléctrico en el que una fuente de tensión V produce una corriente I , la potencia eléctrica entregada por la fuente se calcula multiplicando el valor de la tensión por el de la corriente:

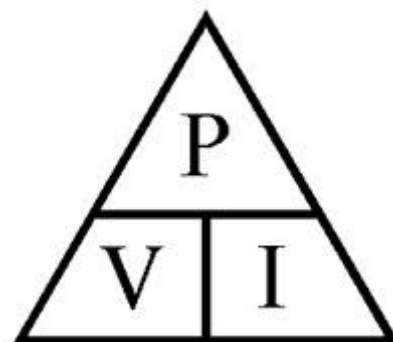
$$P = V * I$$

Esta relación se puede entender haciendo una analogía. Veamos la siguiente imagen. En ella, el agua que cae en el molino mueve la piedra con la que el leñador afila su hacha. La velo-

cidad de la piedra dependerá de la fuerza del agua, que a su vez depende de la altura de la que cae (V) y su caudal (I).

En la siguiente imagen, podemos ver que, si se aumenta la altura de la fuente de agua (V) o se aumenta el caudal de agua (I), la potencia es mayor, lo que permite mover una máquina mas grande.

Las relaciones entre las tres magnitudes se pueden obtener fácilmente recordando la siguiente imagen



Para obtener las fórmulas de P , V o I tapamos la magnitud que queremos calcular y nos queda la fórmula buscada: $P = V \times I$, $V = P/I$ e $I = P/V$.



Ejemplo:

Una batería de 12V entrega a una lámpara una corriente de 2A. ¿Qué potencia recibe la lámpara?

Solución:

$$P = V \times I = 12 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 24 \text{ Watts}$$

Ejemplo:

Una lámpara de 60 Watts se conecta a los 220V. ¿Qué corriente circulará a través de la lámpara?

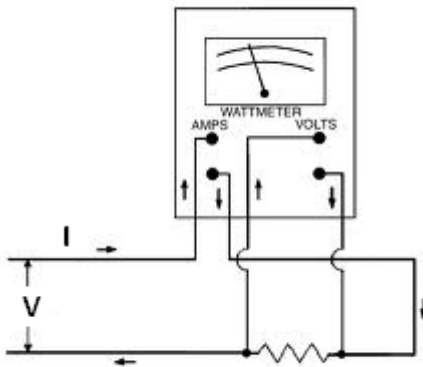
Solución:

$$I = P / V = 60 \text{ W} / 220 \text{ V} = 0,27 \text{ Amperes}$$

3.4. Medición de la potencia eléctrica

Para medir la potencia eléctrica entregada o consumida en un circuito eléctrico se usa un instrumento llamado **wattímetro** o **vatímetro**.

El vatímetro tiene cuatro entradas, o cuatro cables, porque en realidad mide la tensión aplicada y la corriente circulante, realizando el producto de ambos para mostrar el resultado en Watts. La entrada de Tensión se conecta en paralelo, como en un voltímetro y la de Corriente en serie, como en un amperímetro:



3.5. Múltiplos y submúltiplos

Como ocurre con todas las magnitudes físicas y eléctricas, cuando se trata de valores muy grandes o muy pequeños debemos recurrir a los múltiplos y submúltiplos de las unidades. En el caso del Watt, estas son:

$$1 \text{ mW (mili Watt)} = 0,001 \text{ Watt}$$

$$1 \text{ }\mu\text{W (micro Watt)} = 0,000001 \text{ Watt}$$

Y para potencias grandes, como las que se manejan en centrales eléctricas o redes de distribución:

$$1 \text{ KW (Kilo Watt)} = 1.000 \text{ Watts}$$

$$1 \text{ MW (Mega Watt)} = 1.000.000 \text{ Watt}$$

3.6. Cálculo de la Energía Eléctrica

Al comienzo de esta unidad dijimos que la Potencia era la velocidad a la que se consume la energía, es decir:

$$P = \frac{E}{t}$$

Por lo tanto, la Energía será el resultado de multiplicar la Potencia por el tiempo:

$$E = P * t$$

Ejemplo:

Una lámpara que consume una potencia de 25W está prendida durante media hora. ¿Cuál es la energía consumida?

Solución:

La unidad de medida del tiempo es el segundo, así que primero pasamos t a segundos:

$$t = 0,5 * 3600 \text{ seg} = 1800 \text{ seg}$$

$$E = P * t = 25 \text{ Watts} * 1800 \text{ seg} = 45.000 \text{ Joules}$$

Como se puede ver, el Joule es una medida “chica”, razón por la cual es muy común usar el “watt-hora” o también el “kilowatt-hora”.

Ejemplo:

Una estufa de 1200 Watts está prendida durante toda la noche, digamos unas 8 horas. ¿Cuánta energía consumió?

Solución:

$$E = P * t = 1200 \text{ Watts} * 8 \text{ horas} = 9600 \text{ W.h (watts hora)}$$

También se puede poner como 9,6 KWh (kilowatt hora)

3.7. Medición de la Energía Eléctrica

Las empresas proveedoras de electricidad (EPEC en nuestro caso) cobran por la cantidad de Energía que consumimos. Para poder medirla usan un instrumento parecido al vatímetro, que realiza el producto de la potencia por el tiempo. Es el conocido “medidor” que se ubica al frente de todas las casas.



3.8. El HP

El HP (Horse Power, Caballo de Vapor) es una antigua unidad de medida de potencia mecánica. Aún se utiliza, sobre todo en motores eléctricos y equivale a aproximadamente 746 Watts

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ Watts}$$

Ejemplo:

¿Cuánto potencia eléctrica utiliza un motor de 1/2 HP a plena potencia?

Solución:

$$P = 0,5 \text{ (HP)} * 746 = 373 \text{ Watts.}$$

3.9. Efecto Joule

Cuando la corriente eléctrica circula dentro de un conductor, los electrones chocan con los átomos del material transmitiéndoles energía que se traduce en calor. Este efecto de calentamiento producido por la corriente es aprovechado en muchos aparatos tales como estufas, calefactores, termotanques o fusibles y se conoce como **“efecto Joule”**.

La cantidad de calor depende de la energía eléctrica y están relacionadas por la siguiente expresión:

$$Q = 0,24 * E$$

Donde:

Q: Calor en calorías

E: Energía en Joules

O también, si la corriente circula por un circuito donde existe una resistencia:

$$Q = 0,24 * R * I^2 * t$$

Donde:

R: Resistencia en ohms

I: Corriente en amperes

t: tiempo durante el cual circula la corriente

Ejemplo:

Calcular el calor desprendido por un horno eléctrico de 2.000 Watts en 5 minutos de funcionamiento.

Solución:

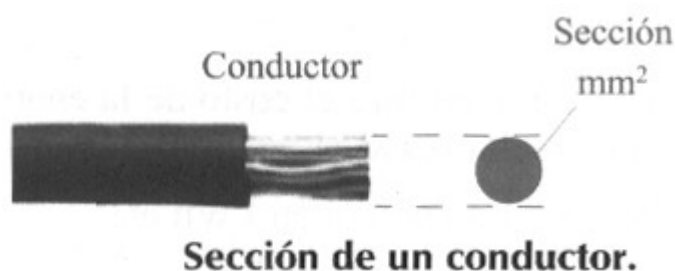
$$E = P * t = 2000 \text{ W} * 300 \text{ seg} = 600.000 \text{ Joules}$$

$$Q = 0,24 * E = 0,24 * 600.000 \text{ J} = 144.000 \text{ calorías}$$

3.10. Cálculo de la sección de los conductores

Uno de los efectos perjudiciales del efecto Joule es el calentamiento que se produce en los cables cuando son recorridos por la corriente eléctrica. Si este calentamiento es excesivo puede dañar el aislante que protege a los cables y ocasionar cortocircuitos o directamente puede ser origen de incendios. Para evitar esto, los cables deben elegirse cuidadosamente según la corriente que vayan a transportar.

La sección de un conductor es la superficie que aparece cuando lo cortamos perpendicularmente a su longitud. Como los cables generalmente son cilíndricos, la sección es circular y se expresa en mm^2 .



A mayor cantidad de corriente, mayor deberá ser la sección del cable. Para elegir la sección correcta debemos saber cómo se va a instalar el mismo: a la vista, embutido en un caño, solo o con varios cables mas, etc.

En la siguiente página podemos ver una tabla de corriente máxima admisible según para conductores eléctricos dispuestos de distintas maneras.

3.11. Densidad de corriente

La densidad de corriente indica la cantidad de corriente que circula por unidad de sección.

$$\delta = \frac{I}{S}$$

δ : Densidad de corriente (delta, en A/mm^2)

I: Corriente (Amperes)

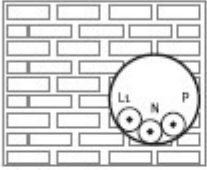
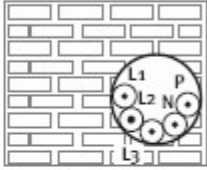
S: Sección (mm^2)

Ejemplo:

Por un cable de sección $2,5 \text{ mm}^2$ circula una corriente de 15 Amperes. ¿Cuál es la densidad de corriente?

Solución:

$$\delta = I / S = 15 \text{ (A)} / 2,5 \text{ (mm}^2\text{)} = 6 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

Sección Cobre mm ²	Aislación Termoplástica IRAM NM 247-3-62667	
		
	PVC x	PVC x 3
Caño embutido en pared y a la vista		
1,5	15	14
2,5	21	18
4	28	25
6	36	32
10	50	44
16	66	59
25	88	77
35	109	96
50	131	117
70	167	149
95	202	180

3.12. Cortocircuito y Sobrecarga

El cortocircuito se produce cuando se unen accidentalmente dos partes activas (con tensión) de un circuito.

Es muy peligroso porque la corriente alcanza valores muy elevados, ya que la única oposición que queda es la de los cables. Un valor tan alto de corriente, si se mantiene en el tiempo, puede provocar una temperatura excesiva que dañe irremediablemente los conductores y hasta provocar un incendio.

La sobrecarga se produce cuando por un cable circula mas intensidad de corriente que la nominal (aquella para la que ha sido calculado el cable).

Pueden deberse a la conexión de demasiados aparatos a la misma línea eléctrica, por un mal funcionamiento de algún

equipo o por un motor eléctrico que debe hacer mas esfuerzo que el normal.

Las sobrecargas también producen un aumento en la temperatura de los conductores que, con el tiempo, puede llevar a su destrucción.

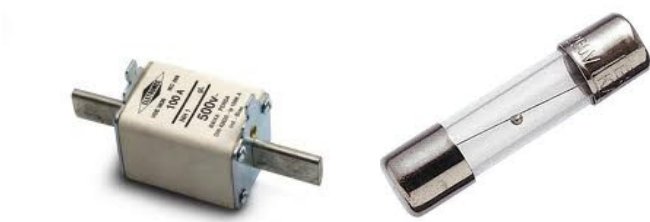
3.13. Elementos de protección

Para proteger los conductores eléctricos del cortocircuito y la sobrecarga se utiliza una amplia variedad de dispositivos.

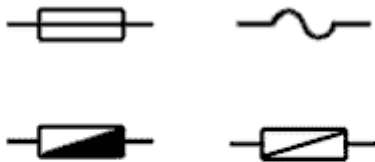
Fusibles

Son los elementos de protección mas sencillos. Constan de un hilo conductor de menor sección que los conductores de la instalación. En caso de cortocircuito o sobrecarga, el hilo

se funde debido al efecto Joule, interrumpiendo el paso de la corriente antes de que alcance valores peligrosos para el resto de la instalación.



Existe una gran variedad de fusibles, para distintas aplicaciones y valores de corriente. La desventaja de los fusibles es que cuando actúan, el hilo que contienen en su interior se funde y el fusible ya no sirve, debiendo reemplazarse por otro nuevo.



Símbolos usados para representar un fusible

Interruptores automáticos

También conocidos como disyuntores o interruptores termomagnéticos, sustituyen a los fusibles en muchas aplicaciones, ya que protegen contra cortocircuitos y sobrecargas de manera más rápida. Además, cuando actúan y desaparece la causa del cortocircuito o sobrecarga se pueden restablecer y seguir utilizando, sin tener que reemplazarlo por otro.

Al igual que los fusibles, los Interruptores automáticos se fabrican calibrados en Amperes. Este valor nos indica la intensidad de corriente que puede pasar por el interruptor sin que este actúe abriendo el circuito; superada esta intensidad, el circuito se abre para proteger los conductores de la instalación.



Cuestionario Unidad 3

- 1) ¿Cómo se define la Energía?
- 2) ¿Cuál es la unidad de medida de la energía?
- 3) ¿Qué es la potencia eléctrica?
- 4) ¿Cuál es la unidad de medida de la potencia?
- 5) ¿Cómo se calcula la potencia en un circuito eléctrico?
- 6) ¿Qué instrumento se usa para medir la potencia?
- 7) ¿Cómo se calcula la Energía eléctrica a partir de la Potencia?
- 8) ¿Qué otra unidad se usa para medir la Energía eléctrica?
- 9) ¿Qué es el efecto Joule?
- 10) ¿En qué unidad se mide la sección de un conductor?
- 11) ¿Porqué es importante elegir correctamente la sección de un conductor?
- 12) ¿Qué es la densidad de corriente?
- 13) ¿Qué es un cortocircuito?
- 14) ¿Para que sirve un fusible?
- 15) ¿Qué es un Interruptor Automático?

Ejercicios Unidad 3

- 1) Un motor conectado a 220V consume una corriente de 3,25 Amperes. ¿Qué potencia está consumiendo?
- 2) Una lámpara que consume 100W está conectada a 220V. ¿Qué corriente circula por la misma?
- 3) ¿A cuántos KW equivalen 2400 Watts?
- 4) Si en una casa se mantienen encendidas dos lámparas, una de 60W y otra de 25W, durante 8 horas, ¿Cuál es el consumo de energía eléctrica en KWh?
- 5) A un motor se le entrega una potencia de 1800 Watts. ¿Cuál es el equivalente en HP?
- 6) Un motor desarrolla una potencia de 2 HP a lo largo de 4 horas ¿Cuánta energía eléctrica consume en ese tiempo?
- 7) ¿Cuál es la densidad de corriente en el interior de un conductor de 4 mm² de sección si la corriente es de 16 Amperes?
- 8) Un cable de tres conductores aislados con PVC se monta directamente sobre la pared. Si la corriente calculada es de 12 Amperes, que sección debe tener cada uno de los conductores?

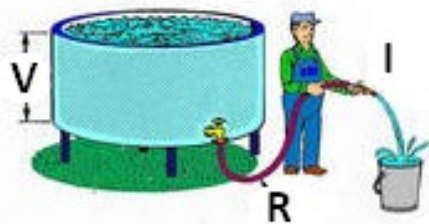
UNIDAD 4. LEYES DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

En esta unidad veremos cuales son las leyes que describen el funcionamiento de los circuitos eléctricos y cómo se relacionan entre sí las magnitudes eléctricas. También veremos las distintas formas que pueden adoptar los circuitos eléctricos, realizando conexiones en serie, paralelo o mixtas.

4.1. Las magnitudes eléctricas

En todo circuito eléctrico hay tres magnitudes básicas que están estrechamente relacionadas: Tensión, Corriente y Resistencia. Para entender un poco más la relación entre ellas hagamos una analogía con un sistema hidráulico como el que se ve en la figura. En él, hay un tanque grande que contiene agua, una manguera, y un balde más pequeño.

La presión del agua en el tanque grande hace que el agua circule por la manguera hasta el balde. La cantidad de agua que fluya dependerá del diámetro de la manguera utilizada.



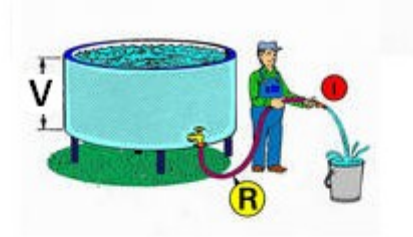
En un circuito eléctrico, la fuente de tensión es equivalente al tanque, el movimiento del agua a la corriente y el diámetro de la manguera a la resistencia.

Veamos ahora como se relacionan las tres entre sí.

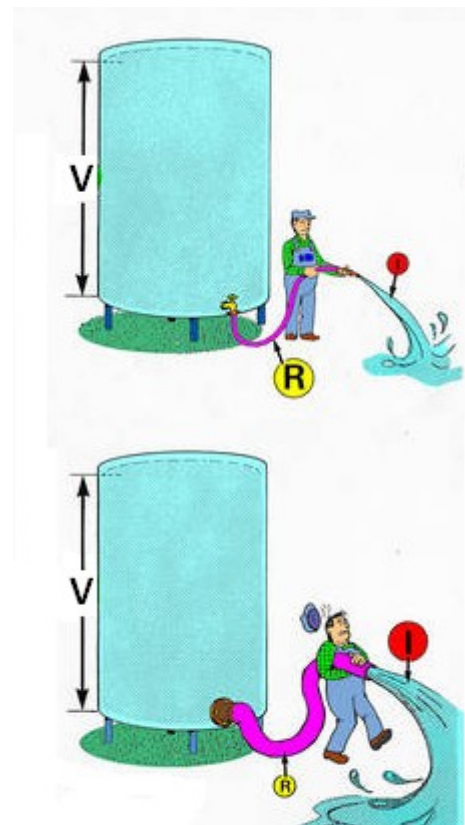
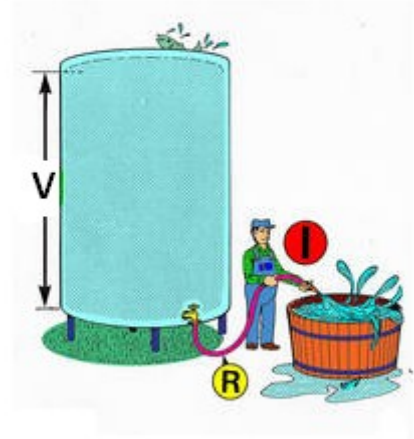
Supongamos que queremos aumentar el caudal de agua, es decir la cantidad de litros por minuto, que llegan al balde. Si no cambiamos la manguera, podemos elevar la altura del tanque, con lo cual el agua tendrá más presión. Esto lo vemos en la figura de la página siguiente.

Otra manera de obtener el mismo resultado es aumentando el diámetro de la manguera. De esta manera el agua puede circular más libremente y también se logra un aumento del caudal. Eso se puede ver en la figura siguiente.

De lo anterior podemos llegar a la siguiente conclusión: el caudal de agua depende directamente de la altura del tanque (aumenta cuando ésta aumenta) e inversamente de la oposición de la manguera (el caudal aumenta cuando la oposición disminuye).



Aumenta la altura del tanque, aumenta el caudal



Si la oposición de la manguera disminuye, aumenta el caudal

4.2. La ley de Ohm

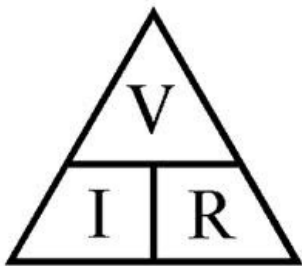
En un circuito eléctrico ocurre algo muy parecido a lo que vimos antes con el tanque de agua: si aumentamos la Tensión manteniendo constante la Resistencia, aumentará la intensidad de la Corriente.

Si, en cambio, mantenemos la Tensión constante y disminuimos la resistencia obtendremos el mismo resultado: un aumento de la corriente.

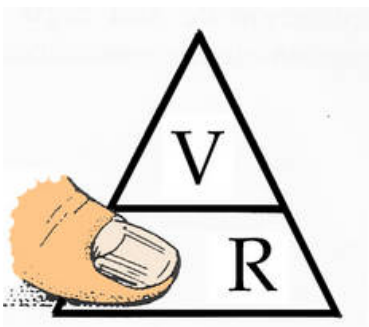
Esta relación entre Tensión, Corriente y Resistencia se conoce como **Ley de Ohm** y se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$I = \frac{V}{R}$$

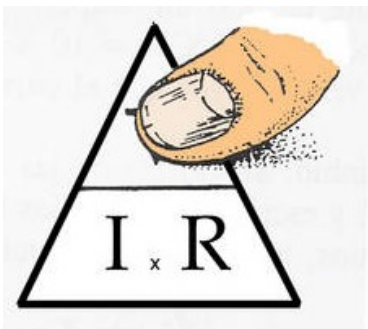
Para recordarla podemos usar un triángulo como el que ya vimos para la potencia:



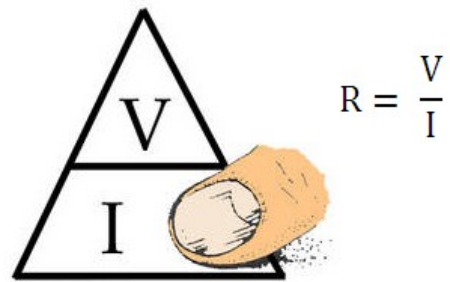
Igual que antes, para encontrar la fórmula de una de las tres magnitudes, la tapamos con el dedo:



$$V = I \cdot R$$



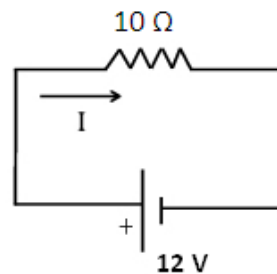
$$I = \frac{V}{R}$$



$$R = \frac{V}{I}$$

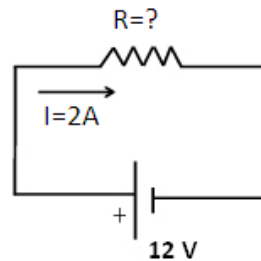
Ejemplos

En el siguiente circuito, calcular el valor de la intensidad de corriente I .



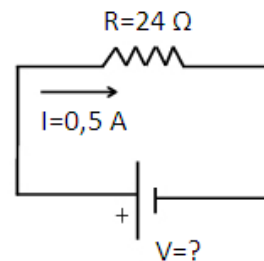
$$I = \frac{V}{R} = \frac{12 \text{ V}}{10 \Omega} = 1,2 \text{ A}$$

En este circuito, calcular que resistencia es necesaria para lograr una corriente de 2 Amperes:



$$R = \frac{V}{I} = \frac{12 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 6 \Omega$$

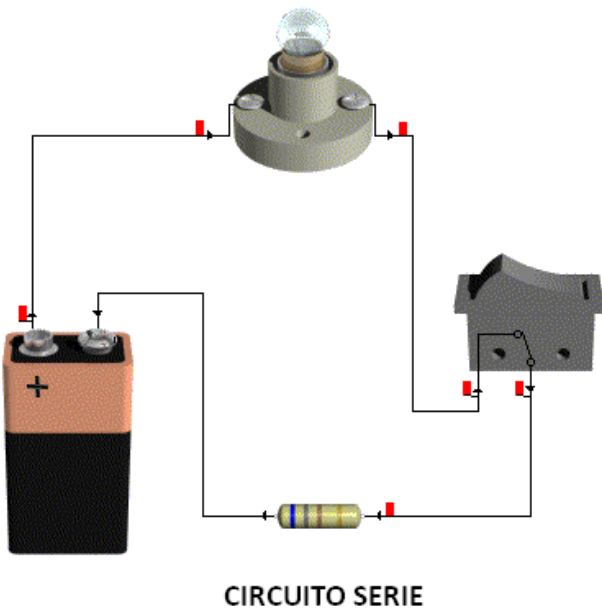
Finalmente, en el mismo circuito, calcular cuanto tensión hace falta para que la intensidad de corriente sea de 0,5 A.



$$V = I \cdot R = 0,5 \text{ A} \cdot 24 \Omega = 12 \text{ V}$$

4.3. Circuito serie

Un circuito serie es aquel en que los componentes eléctricos (baterías, resistencias, lámparas, etc) se conectan uno a continuación del otro, de manera que existe un único camino cerrado para la corriente.



En la imagen anterior, la pila, la lámpara, la resistencia y la llave están conectadas en serie.

En este circuito, si la llave está cerrada, la tensión de la pila provocará la circulación de una corriente. Los electrones que forman la corriente salen de un borne de la pila y pasan por cada uno de los elementos del circuito hasta llegar al otro borne. Si midiéramos la corriente con un amperímetro en distintos puntos veríamos que en cualquiera de ellos tiene el mismo valor.

En un circuito serie la corriente es la misma por todos sus componentes

Veamos ahora que pasa con la tensión. Sabemos que la tensión es la fuerza que impulsa a los electrones que forman la corriente. En un circuito serie esta fuerza va perdiendo su efecto a lo largo del circuito, produciendo lo que se conoce como **caída de tensión** en cada uno de ellos. Como resultado, la tensión total que se aplica al circuito se va repartiendo entre los distintos componentes del mismo, de acuerdo a la resistencia de cada uno.

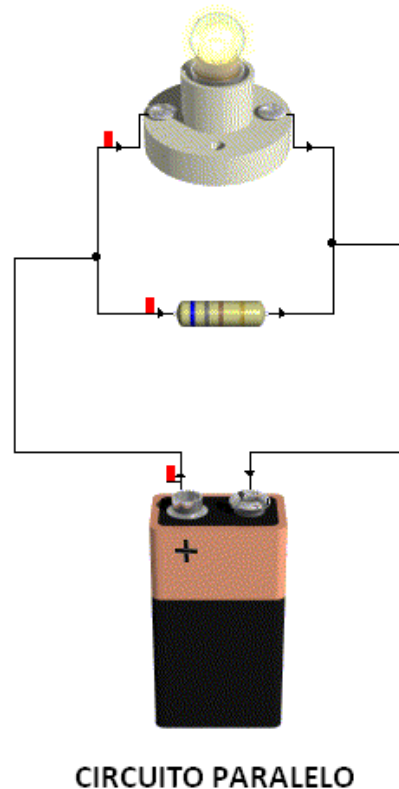
En un circuito serie la tensión se reparte entre todos sus componentes

Aplicaciones del circuito serie

Una aplicación típica de un circuito serie son las luces intermitentes de un arbolito de navidad. Cada lámpara soporta unos pocos voltios, pero al estar conectadas en serie, los 220V de la línea se reparten entre todas ellas. La contra es que si se quema una, se apagan todas ya que se interrumpe el circuito y por lo tanto el paso de la corriente.

4.4. Circuito paralelo

El circuito paralelo es aquel en que los terminales de los componentes se conectan entre sí, uno al lado del otro, en una derivación.



En este tipo de circuitos, la corriente que sale de un borne de la pila se separa en distintos caminos, uno por cada componente conectado en paralelo, para volver a unirse luego e ingresar al otro borne.

En un circuito paralelo la corriente se reparte en cada uno de sus componentes

En el caso de la tensión, podemos ver que los mismos bornes de la pila que se conectan a la lámpara también se conectan a la resistencia, por lo que la tensión en ambos componentes es la misma y es igual a la entregada por la pila.

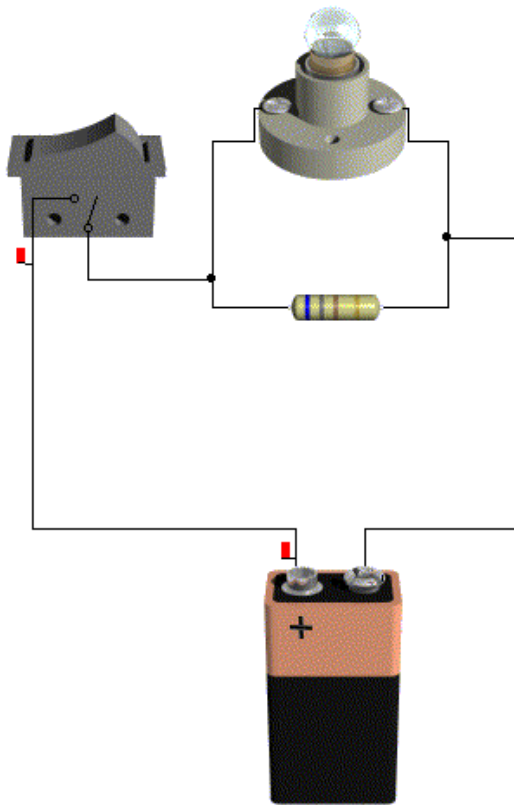
En un circuito paralelo la tensión es la misma en todos los componentes

Aplicaciones del circuito paralelo

En las instalaciones eléctricas domiciliarias es muy común utilizar circuitos en paralelo. Por ejemplo, si queremos tener dos tomas (enchufes), los mismos deben conectarse en paralelo. De esta forma la tensión será la misma (220V) en ambos.

4.5. Circuito Mixto

Un circuito mixto es una combinación de circuitos serie y paralelo.



El circuito de la figura anterior es un circuito mixto: la lámpara está en paralelo con la resistencia y ambas están en serie con la llave.

En la realidad es muy difícil encontrar circuitos tan simples que sean circuitos en serie o en paralelo puros. En la práctica los circuitos se combinan de muy diversas maneras dando lugar a circuitos mixtos.

4.6. Leyes de Kirchoff

Las leyes de Kirchoff se basan en el principio de conservación de las cargas eléctricas, es decir, la idea que las cargas no se crean ni se destruyen a lo largo de un circuito.

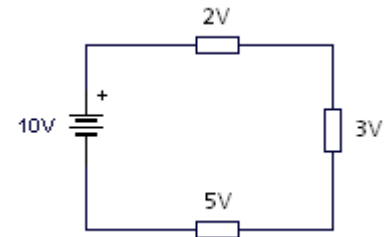
Generalmente se las conoce como “Ley de Kirchoff de las tensiones” y Ley de Kirchoff de las corrientes”.

Ley de Kirchoff de las tensiones

Esta ley dice que, en un circuito en serie, **la suma de las caídas de tensión en cada uno de los elementos del circuito es siempre igual al valor de la fuente de tensión.**

En otras palabras, lo que dice es que la tensión aplicada al circuito se reparte entre los elementos conectados en serie, no pudiendo “desaparecer” tensión ni “aparecer” mas de la aplicada.

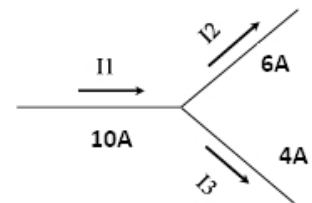
Por ejemplo, veamos el siguiente circuito. La fuente aplica una tensión de 10V a tres resistencias en serie. Según el valor de cada resistencia aparecerá una caída de tensión en cada una de ellas, pero la suma de las tres caídas de tensión debe ser igual a 10V.



Ley de Kirchoff de las corrientes

Esta ley dice que, cuando la corriente se separa en una derivación, la cantidad de corriente que sale es igual a la corriente que entra.

En otras palabras, esta ley dice la corriente no se puede “crear” ni “destruir”. Si a una derivación llega una corriente de 10 Amperes y se divide en otras dos corrientes, la suma de esas dos debe dar también 10 Amperes. Esto es lo que se puede ver en la figura.

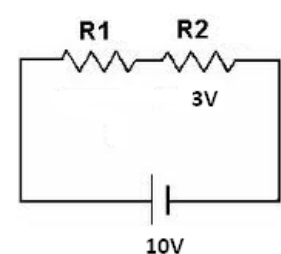


Ejemplo

Si la tensión aplicada por la fuente es de 10V y la caída de tensión en R2 es de 3V. ¿Cuál será la caída de tensión en R1?

Solución:

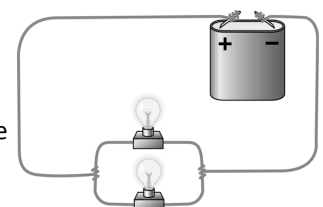
$$10V - 3V = 7V$$



Ejemplo

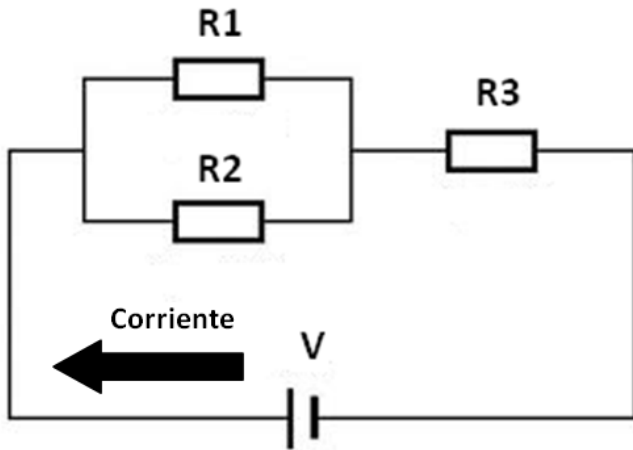
Si por cada lámpara circulan 0,5A. ¿Cuánta corriente sale de la pila?

$$\text{Solución: } 0,5A + 0,5A = 1A$$

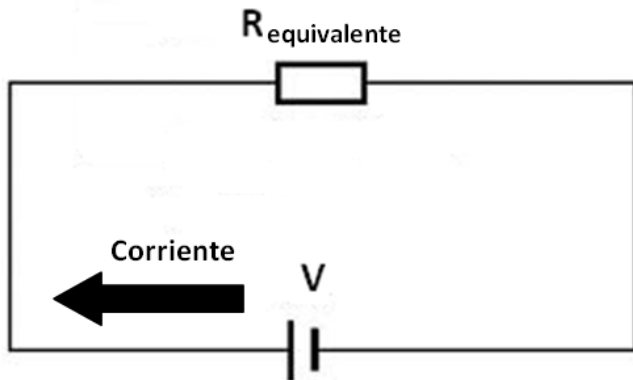


4.7. Conexión de resistencias en serie y paralelo

En los circuitos eléctricos es muy común conectar resistencias (o resistores) en serie, paralelo o una combinación de ambos formando una conexión mixta. No importa cuan complicada sea esta conexión ni cuantas resistencias se empleen, siempre se puede hallar el valor de su **resistencia equivalente**, que sería el valor de **una sola resistencia que hace circular el mismo valor de corriente eléctrica**.



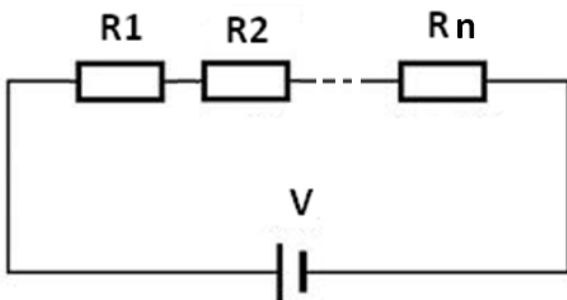
Varias resistencias...



..equivalen a una sola

Resistencias en serie

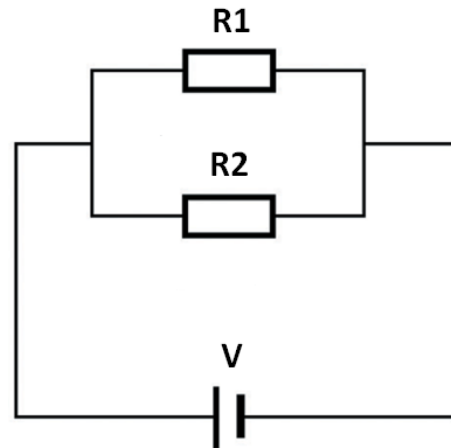
El valor de la resistencia equivalente de dos o mas resistencias conectadas en serie es igual a la suma de los valores de cada una de ellas.



$$R_{\text{equivalente}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

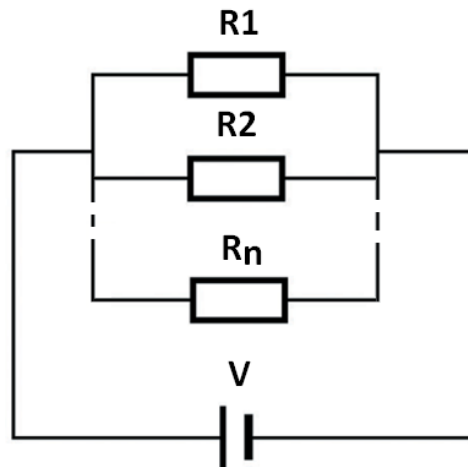
Resistencias en paralelo

Cuando dos resistencias se conectan en paralelo, la resistencia equivalente se puede encontrar utilizando una fórmula sencilla:



$$R_{\text{equivalente}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Cuando la cantidad de resistencias es mayor a dos, la fórmula es diferente:



$$R_{\text{equivalente}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Ejemplo

Calcular la resistencia equivalente de dos resistencias de 4Ω y 5Ω conectadas en paralelo.

Solución:

Como son dos resistencias podemos usar la fórmula simplificada:

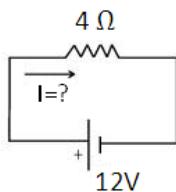
$$R_{\text{eq}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5\Omega \cdot 4\Omega}{5\Omega + 4\Omega} = \frac{20\Omega}{9\Omega} = 2,2\Omega$$

Cuestionario Unidad 4

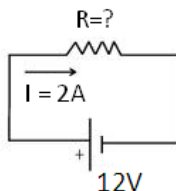
- 1) ¿Qué magnitudes relaciona la Ley de Ohm?
- 2) Dibuja el triángulo de la Ley de Ohm
- 3) Escribe las fórmulas para V, R e I según la ley de Ohm
- 4) ¿Cómo se conectan los componentes en un circuito serie?
- 5) ¿Cómo es la corriente en un circuito serie?
- 6) ¿Cómo se reparte la tensión en un circuito serie?
- 7) ¿Cómo se conectan los componentes en un circuito paralelo?
- 8) ¿Cómo se comporta la corriente en un circuito paralelo?
- 9) ¿Cómo se reparte la tensión en un circuito paralelo?
- 10) ¿Qué dice la Ley de Kirchoff de las Tensiones?
- 11) ¿Qué dice la Ley de Kirchoff de las Corrientes?
- 12) ¿Cómo se calcula la resistencia equivalente de varias resistencias en serie?
- 13) ¿Cómo se calcula la resistencia equivalente de dos resistencias en paralelo?
- 14) ¿Cómo se calcula la resistencia equivalente de tres resistencias en paralelo?

Ejercicios Unidad 4

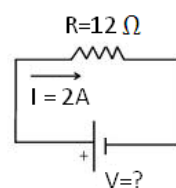
- 1) Calcular la Corriente



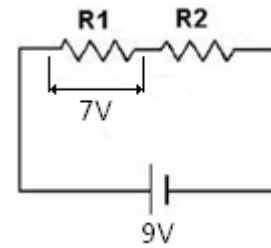
- 2) Calcular la Resistencia



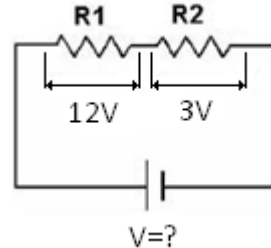
- 3) Calcular la Tensión



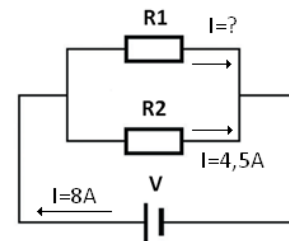
- 4) Calcular la caída de tensión en R2



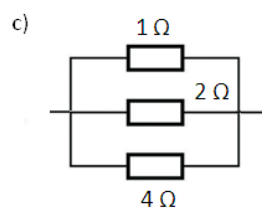
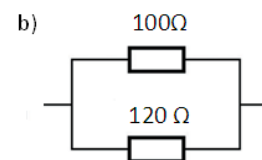
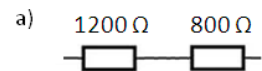
- 5) Calcular el valor de la tensión de la fuente



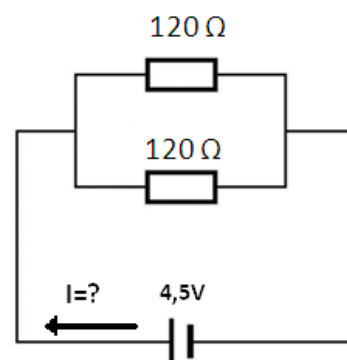
- 6) Calcular la intensidad de corriente por R1



- 7) Calcular la resistencia equivalente



- 8) Calcular la corriente entregada por la fuente



UNIDAD 5. PILAS Y ACUMULADORES

Una **pila eléctrica** es un dispositivo que genera electricidad a partir de una reacción química. Esta reacción no continúa indefinidamente ya que los elementos que intervienen se van alterando con el tiempo, por lo que tiene una vida útil determinada, luego de la cual es inservible. La pila eléctrica es un generador **primario** y la energía generada está disponible mediante dos terminales llamados **polos o bornes**. Uno es el **polo positivo** y el otro el **polo negativo**.



La aplicación de las pilas es fundamentalmente proveer de energía eléctrica a pequeños aparatos portátiles. La tensión generada por las pilas es de **corriente continua** y su valor depende del tipo de pila, características constructivas, materiales empleados, etc.

5.1. Pilas, baterías y acumuladores

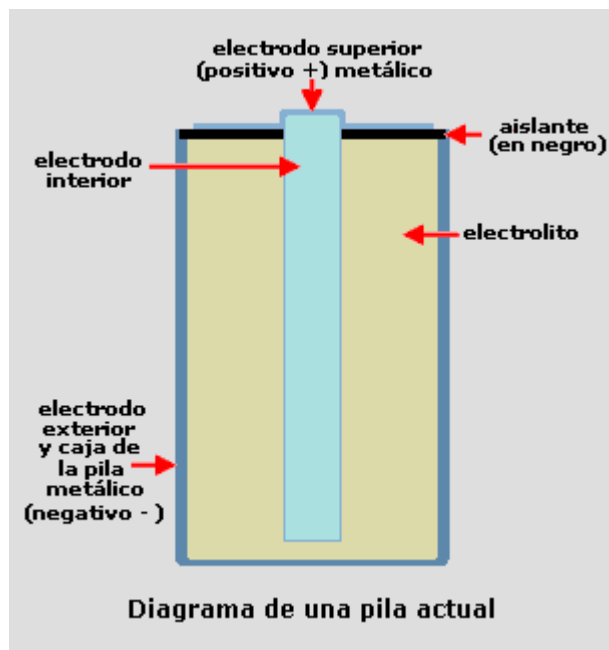
Muchas veces existe cierta confusión en la denominación adecuada de los dispositivos como las pilas, usándose indiscriminadamente los términos “pilas”, “baterías” o “acumuladores” para referirse a ellos. A lo largo de este texto haremos la siguiente diferenciación:

Pila: generador primario no recargable.

Batería o acumulador: generador secundario recargable.

5.2. Principio de funcionamiento

La estructura fundamental de una pila consiste en dos electrodos, metálicos en muchos casos, introducidos en una disolución conductora de la electricidad o electrolito, que puede ser un sólido, líquido o pasta. Cuando los electrodos reaccionan con el electrolito, en uno de los electrodos (el cátodo o negativo) se producen electrones y en el otro (ánodo o positivo) se produce un defecto de electrones. Cuando los electrones sobrantes del cátodo pasan al ánodo a través de un conductor externo a la pila se produce una corriente eléctrica.



5.3. Características de las pilas

Tensión: es el voltaje que entrega la pila. Depende fundamentalmente de los materiales usados como electrodos y electrolito. Un valor muy común es de 1,5V, pero pueden obtenerse múltiplos (3V, 6V, 9V) empaquetando varias celdas de 1,5V juntas y conectadas en serie. Otros tipos de pilas suministran 1,2V y sus múltiplos.

Capacidad: Es la cantidad total de **carga** que puede suministrar la pila. Se mide en Amperes x hora (A.h) y es el número máximo de amperes que puede suministrar en una hora. Por ejemplo, una pila “grande” (tipo D) tiene una capacidad entre 9 Ah (con una carga de 1 A) y 12 Ah (con una carga de 1 mA).

Intensidad máxima: Es la máxima corriente que puede entregar la pila. Se mide en Amperes (A).

Tamaño y formato: Según la aplicación a la que esté destinada, hay una gran variedad de tamaños y formatos de pilas. Los mas populares son los siguientes:

AAA: 10,5 mm de diámetro y 44,5 mm de altura.

AA: 13,9 mm de diámetro y 50 mm de altura.

C: 26,2 mm de diámetro y 50 mm de altura.

D: 34,2 mm de diámetro y 61,5 mm de altura.

CR (Botón): pilas chatas usadas en relojes o calculadoras.

5.4. Tipos de pilas

Según los materiales usados en su construcción y sus características, podemos identificar distintos tipos de pilas. Algunos de ellos son:

Pilas tipo Leclanché, o de cinc/carbono (Zn/C), o "Pilas secas" basadas en la oxidación del cinc en medio ligeramente ácido, están compuestas por cinc metálico, cloruro de amonio y dióxido de manganeso. Son las llamadas pilas comunes. Sirven para aparatos sencillos y de poco consumo.

Pilas alcalinas o de cinc/dióxido de manganeso (Zn/MnO₂): la diferencia con la pila seca es el electrolito utilizado, en este caso, hidróxido de potasio, en vez de cloruro de amonio, y el cinc está en polvo. Son las de larga duración. Casi todas vienen blindadas, lo que dificulta el derramamiento de los constituyentes. Sin embargo, este blindaje no tiene duración ilimitada

Pilas botón: son llamadas así, las pilas de tamaño reducido, de forma chata y redonda. El mercado de artículos electrónicos requiere cada vez más de ellas. Son imprescindibles para audífonos, marcapasos, relojes, calculadoras y aparatos médicos de precisión. Su composición es variada.

Pilas de óxido mercúrico: son las más tóxicas, contienen un 30 % aprox. de mercurio. Deben manipularse con precaución en los hogares, dado que su ingestión accidental, lo que es factible por su forma y tamaño, puede resultar letal.

Pilas de cinc-aire: Se las distingue por tener gran cantidad de agujeros diminutos en su superficie. Tienen mucha capacidad y una vez en funcionamiento su producción de electricidad es continua. Contienen más del 1 % de mercurio, por lo que presentan graves problemas residuales.

Pilas de óxido de plata: Son de tamaño pequeño, usualmente de tipo botón. Contienen 1 % de mercurio aproximadamente por lo que tienen efectos tóxicos sobre el ambiente.

Pilas de litio: Producen tres veces más energía que las pilas alcalinas, considerando tamaños equivalentes, y poseen también mayor voltaje inicial que éstas (3 voltios).

Se utilizan en relojes, calculadoras, flashes de cámaras fotográficas y memorias de computadoras.



Pilas tipo "botón" o CR

5.5. Baterías o acumuladores

El principio de funcionamiento de los acumuladores es similar al de las pilas: dos electrodos de diferente material sumergidos en un electrolito. La diferencia entre pilas y acumuladores es que estos últimos se pueden recargar aplicando entre sus electrodos una tensión proveniente de una fuente de alimentación o cargador de baterías..

5.6. Características de los acumuladores

Tensión nominal: Es el voltaje en los bornes del acumulador cuando está completamente cargado. A medida que el mismo se va descargando, este valor va disminuyendo, pudiendo llegar a desaparecer por completo. Es importante no llegar nunca a ese extremo, porque puede dañar al acumulador.

Capacidad: Al igual que las pilas, es la cantidad total de electricidad (en forma de cargas eléctricas) que es capaz de almacenar el acumulador. Se mide en Amperes x hora (A.h) y es el número máximo de amperes que puede suministrar en una hora. Por ejemplo, una batería de auto puede tener una capacidad de 100 Ah, lo que significa que puede suministrar una corriente promedio de 1A durante 100 horas, o 2 A durante 50 hs, luego de lo cual queda descargada.

Tensión y corriente de carga: Como ya se dijo, para cargar un acumulador, hay que conectarlo a una fuente de tensión de corriente continua. Esta fuente debe tener una tensión superior a la nominal del acumulador. Por ejemplo, para una batería de auto con una tensión nominal de 12V, la tensión de carga debe estar entre los 13,8V y 14,4 V. El valor óptimo de la corriente de carga debería ser la décima parte de la capacidad de la batería (ej. 4 A para una batería de 40 Ah) y para cargas "rápidas" como mucho un tercio de la capacidad.

Tiempo de carga: Es el tiempo que se tarda en reponer la carga completa del acumulador. Se mide generalmente en horas.

Autodescarga: Aunque no utilicemos el acumulador para alimentar un circuito y lo mantengamos desconectado, por ejemplo almacenado en un depósito, el mismo se descarga lentamente a través de su propia resistencia interna. Esto se conoce como **autodescarga** y se mide como un porcentaje de su carga completa en una unidad de tiempo. Por ejemplo, un valor de 10% por mes, significa que por cada mes que se mantenga el acumulador desconectado, pierde un 10% del total de su carga.

Vida útil: La duración de un acumulador no es ilimitada. La misma utilización produce transformaciones en los electrodos que son irreversibles y llega un momento en que el acumulador ya no puede ser cargado. La vida útil se mide generalmente por la cantidad de cargas que se pueden realizar.

5.7. Efecto memoria

El **efecto memoria** es un fenómeno que se produce en algunos tipos de acumuladores y reduce la vida útil de los mismos. Se produce cuando se carga un acumulador sin haber sido descargado del todo. Para prevenirlo no hace falta esperar a descargar totalmente la batería antes de realizar una carga; basta con que una de cada pocas cargas sea completa.

5.8. Tipos de Acumuladores

Según los materiales empleados para su construcción, se identifican los siguientes tipos:

Acumulador de Plomo

(Pb): Está constituido por dos electrodos de plomo sumergidos en un electrolito de ácido sulfúrico diluido con agua destilada. Es un modelo de acumulador un tanto antiguo, pero se sigue utilizando en algunas aplicaciones, como baterías de autos o camiones.



Ventajas: Bajo costo y fácil fabricación.

Desventajas: No tienen mucha vida útil, son altamente contaminantes, peso excesivo.

Voltaje proporcionado: 12V

Acumulador de Níquel-cadmio (Ni-Cd): Utilizan un electrodo de Níquel y otro de un compuesto de cadmio, sumergidos en un electrolito de hidróxido de potasio.

Voltaje proporcionado: 1,2V

Capacidad usual: 0.5 a 1.0 Amperios (en formato AA)

Efecto memoria: Muy alto

Acumulador de níquel-hidruro metálico (Ni-MH): Utilizan un electrodo de hidróxido de níquel y otro de una aleación de hidruro metálico. No admiten bien el frío extremo, reduciendo drásticamente la potencia que puede entregar.

Voltaje proporcionado: 1,2V

Capacidad usual: 0.5 a 2.8 Amperios (en formato AA)

Efecto memoria: Bajo

Acumulador de iones de litio (Li-ion): Estos acumuladores de utilizan un electrodo de grafito y otro de óxido de cobalto, trifilina (LiFePO_4) u óxido de manganeso. Su desarrollo es más reciente, y permite llegar a altas densidades de capacidad. No admiten descargas, y sufren mucho cuando éstas suceden por lo que suelen llevar acoplada circuitería adicional para conocer el estado de la batería, y evitar así tanto la carga excesiva, como la descarga completa. Pueden cargarse sin necesidad de estar descargadas completamente, sin reducción de su vida útil. No admiten bien los cambios de temperatura.

Voltaje proporcionado: entre 3,6V y 3,7V.

Capacidad usual: 1.5 a 2.8 Amperios (en formato AA)

Efecto memoria: muy bajo

La siguiente tabla es un resumen de las características de los tipos de acumuladores vistos:

Tipo	Tensión nominal	Número de recargas	Tiempo de carga	Autodescarga (% por mes)
Plomo	12V	1000	8 a 16 hs	5%
NiCd	1,2V	500	10 a 14 hs	30%
Ni-MH	1,2V	1000	2 a 4 hs	20%
Li-ion	3,6V	4000	2 a 4 hs	25%

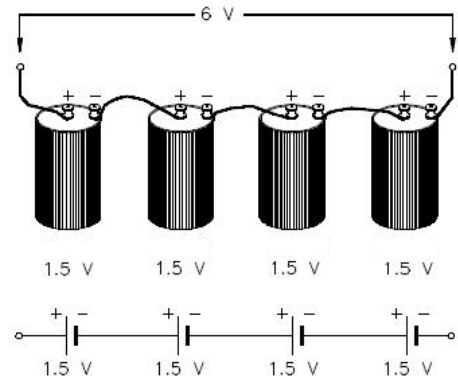
(*): Los acumuladores de NiCd se pueden cargar hasta en 30 minutos, con cargas rápidas, pero disminuye su vida, y se calientan en exceso, siendo los únicos que admiten este tipo de cargas.

5.9. Agrupamiento en serie y paralelo

Las pilas, baterías o acumuladores se pueden conectar en serie, paralelo o mixto cuando se desea aumentar la tensión o corriente suministrada. Veamos que pasa en cada caso.

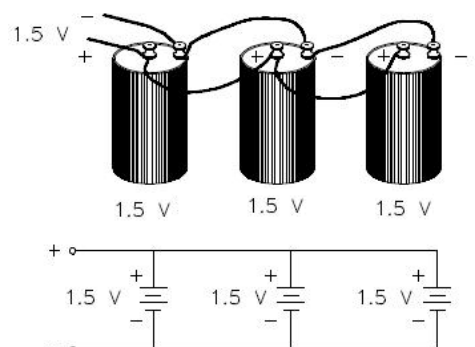
Conexión en serie

La conexión en serie se utiliza cuando se desea aumentar la tensión de salida. La tensión total es la suma de la tensión de cada uno de los elementos conectados.



Conexión en paralelo

La conexión en paralelo se utiliza cuando se quiere aumentar la corriente de salida manteniendo la tensión constante. La intensidad total que puede suministrar este conjunto es la suma de las intensidades de cada elemento.

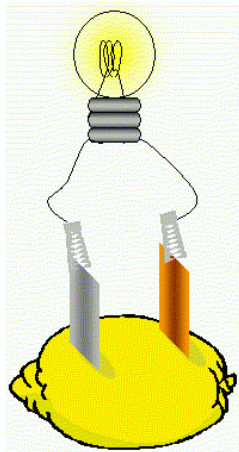


5.10. Fabricando pilas en casa

Cuando describimos la estructura básica de una pila, dijimos que consistía de dos electrodos insertos o sumergidos en un electrolito, que podía ser líquido, sólido o pastoso. En algunos casos, como en el de las baterías de autos, ese electrolito es una solución ácida. Muchos de estos elementos pueden ser encontrados en nuestra cocina...

Pilas de limones

El jugo de limón es bastante ácido, así que es un buen medio para funcionar como electrolito. Como electrodos, debemos usar dos metales diferentes, como pueden ser tornillos zincados, clavos de acero o alambres gruesos de cobre.

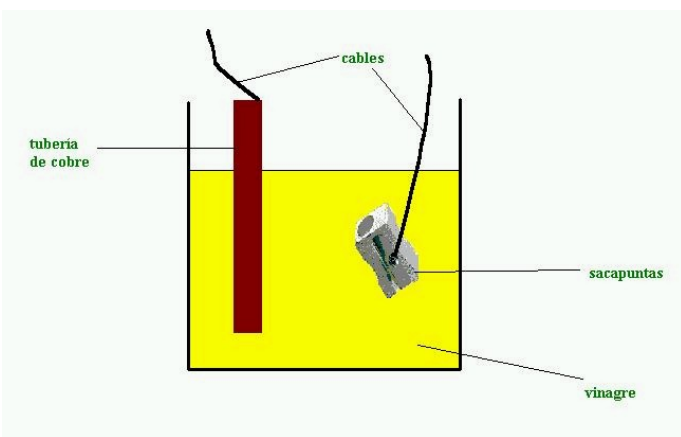


Un limón es capaz de generar aproximadamente 1 voltio, que puede medirse con un tester. Conectando dos o tres en serie podremos prender un led o hacer funcionar un pequeño reloj digital de juguete.

Otras variantes

Además del limón, se pueden hacer otras variantes de esta pila casera. Por ejemplo, se puede reemplazar el limón con una papa o una cebolla, que también producen las reacciones químicas necesarias para generar tensión.

Otra pila casera se puede construir usando un vaso o recipiente con vinagre (que actúa como electrolito). En este caso, como electrodos se usan un alambre grueso de cobre y un sacapuntas metálico, que suele contener magnesio.



GOOGLEANDO

Pila con vinagre: <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Practica/PR-11/PR-11.htm>

Pila con limones: <http://www.crealotumismo.com/2008/01/31/como-fabricar-una-pila-con-un-limon/>

Cuestionario Unidad 5

1. ¿A partir de qué tipo de reacción se genera electricidad en una pila?
2. Una pila, ¿puede generar electricidad indefinidamente?
3. ¿Qué tipo de tensión generan las pilas, alterna o continua?
4. ¿Cuáles son las partes básicas que forman una pila?
5. ¿Cuáles son los tamaños mas comunes de las pilas?
6. ¿Qué materiales intervienen en la fabricación de las denominadas "pilas secas"?
7. ¿Hay pilas que contengan mercurio? ¿Cuáles son?
8. ¿Cuál es la diferencia fundamental entre un acumulador y una pila?
9. ¿Cómo se define la capacidad de un acumulador? ¿En qué unidad se mide?
10. ¿Qué es la autodescarga de un acumulador?
11. ¿En que consiste el efecto memoria?
12. ¿Qué electrolito usa una batería de auto?
13. ¿Qué tipo de acumulador permite un mayor número de recargas, los de Níquel-hidruro metálico o los de Litio-ion?
14. Seis pilas de 1,5V se conectan en serie, ¿Cuál es la tensión total?
15. Un motorcito funciona con 1,5V pero una sola pila no suministra la suficiente corriente. ¿Cómo debe conectarse una segunda pila, en serie o paralelo?

Ejercicios unidad 5

1. Un acumulador tiene una capacidad de 64 Ah. Determinar cuanto tardaría en descargarse si suministra permanentemente una corriente de 16A.
2. Una batería de acumuladores de plomo con una capacidad de 110 Ah alimenta un tubo fluorescente de 20W. Si la tensión media en el proceso de descarga es de 12V, determinar el tiempo de descarga.
3. Se tienen dos pilas alcalinas, capaces de entregar 1,5V y 100mA. Si las mismas se conectan en paralelo, ¿cuál es la tensión resultante y la máxima corriente que pueden suministrar?

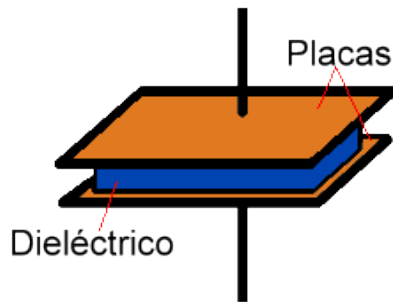
UNIDAD 6. CONDENSADORES

Los condensadores (también llamados popularmente capacitores) son muy utilizados en electricidad y electrónica ya que son elementos capaces de almacenar o guardar pequeñas cantidades de energía eléctrica para devolverla cuando sea necesaria.

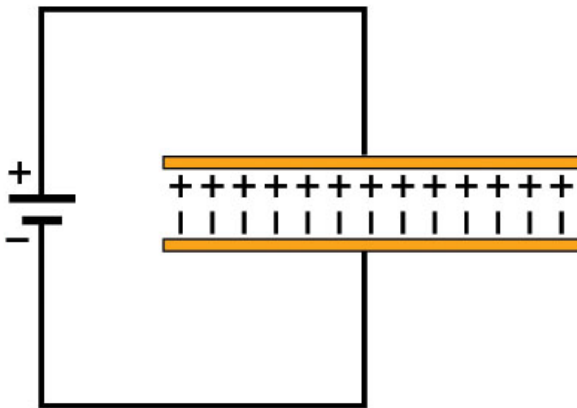
6.1. Principio de funcionamiento

Un capacitor puede ser construido a partir de dos láminas o placas metálicas conductoras separadas por un material aislante denominado **dieléctrico**, tal como aire, papel, cerámica, mica, plástico, etc.

Normalmente el dieléctrico se dispone en forma de lámina muy fina para que las placas metálicas se encuentren lo más próximas unas de otras.



Si conectamos las placas de un capacitor a una fuente de tensión como una pila, veremos que hay un movimiento de cargas eléctricas desde los bornes de la pila a las placas.



Los electrones del borne negativo de la pila se irán acumulando en la placa inferior, y los que existían en la placa superior serán atraídos por el borne positivo de la pila, dejando una carga positiva. Este proceso durará un tiempo hasta que las mismas cargas de las placas impidan el movimiento de cargas desde la pila. Cuando se detiene el movimiento de cargas decimos que **el capacitor está cargado**.

6.2. Capacidad de un capacitor

Se llama **capacidad** a la propiedad de un capacitor de almacenar carga eléctrica. Mientras más carga pueda almacenar, mayor será su **capacidad**.

La unidad de medida de la Capacidad es el **Faradio**.

Se puede decir que un capacitor tiene una capacidad de 1 Faradio cuando, al aplicarle una tensión de 1 Voltio almacena entre sus placas una carga de 1 Coulomb.

La relación entre tensión y carga puede expresarse de la siguiente forma:

$$Q = C * V$$

Donde:

Q: Carga en el capacitor (Coulombs)

C: Capacidad (Faradios)

V: Tensión (Voltios)

El Faradio es una unidad relativamente grande, por lo que habitualmente se utilizan sus submúltiplos:

1 mF = mili Faradio = 10^{-3} Faradios

1 μ F = micro Faradio = 10^{-6} Faradios

1 nF = nano Faradio = 10^{-9} Faradios

1 pF = pico Faradio = 10^{-12} Faradios

Ejemplo:

Calcular la cantidad de carga almacenada en un capacitor de 2.200 μ F conectado a 5 Voltios.

Solución:

$$Q = C * V = 0,0022 \text{ F} * 5 \text{ V} = 0,011 \text{ Coulombs}$$

6.3. Características de los capacitores

Las características más importantes de los capacitores, que debemos conocer a la hora de elegir o reemplazar uno, son dos:

Capacidad nominal: Es el valor de capacidad del capacitor. Se expresa en Faradios o sus submúltiplos.

Tensión de trabajo: Es la tensión a la que puede trabajar el capacitor sin sufrir daños. Se expresa en Voltios.



Capacidad nominal

6.4. Tipos de capacitores

Según sus características, existe una gran variedad de capacitores, adecuados a las distintas aplicaciones a las que van destinados.

Capacitor cerámico

Son muy empleados en electrónica. Usan compuestos cerámicos como dieléctrico. Con ellos se consiguen valores entre unos pocos pico faradios hasta los 100 nF. Soportan poca tensión



Capacitor de plástico

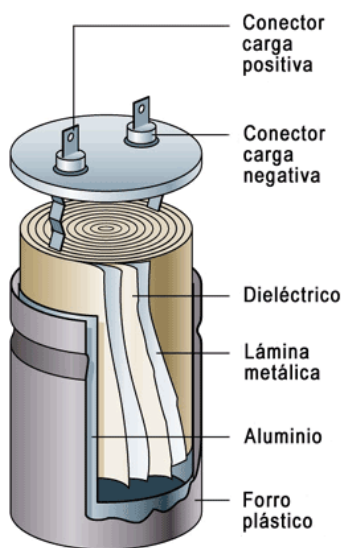
Actualmente son muy utilizados. Utilizan como dieléctrico el políéster, policarbonato, estiroflex, etc. Pueden conseguir capacidades relativamente elevadas (hasta algunos microfaradios) soportando tensiones que llegan a los 1000 Voltios.



Capacitores electrolíticos de aluminio

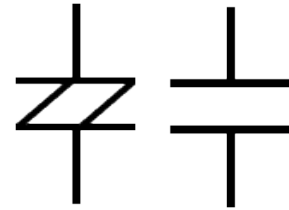
Estos capacitores se diferencian bastante del resto por sus características constructivas. Están constituidos por una fina lámina de aluminio y otra de plomo enrolladas y sumergidas en una solución de cloruro de amonio.

Se consiguen capacidades elevadas en un volumen reducido (desde 1 μF hasta miles de μF). Una de las características que diferencia a los capacitores electrolíticos de los demás es que tienen polaridad, es decir, no pueden invertirse las conexiones indicadas en el mismo, a riesgo de que el capacitor se dañe.

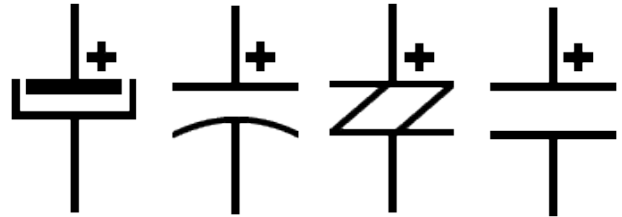


6.5. Simbología

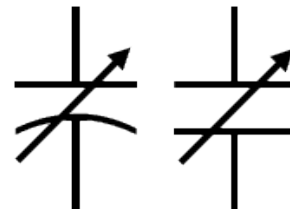
Capacitores no polarizados:



Capacitores polarizados:



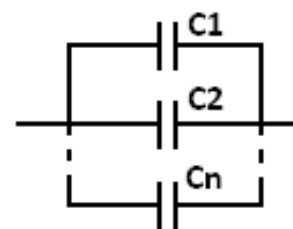
Capacitores variables:



6.6. Asociación de capacitores

Los capacitores, como cualquier otro componente eléctrico, se puede conectar con otros en serie o paralelo.

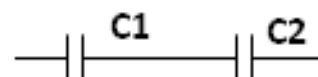
Capacitores en paralelo



La capacidad equivalente a dos o mas capacitores conectados en paralelo puede hallarse aplicando la siguiente fórmula:

$$C_{\text{equivalente}} = C1 + C2 + \dots + Cn$$

Capacitores en serie



Cuando se trata de **dos capacitores en serie** se puede usar esta fórmula simplificada:

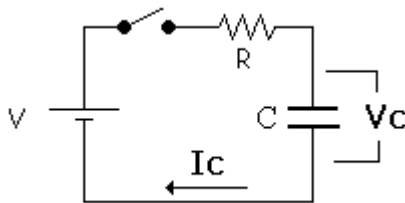
$$C_{\text{equivalente}} = \frac{C_1 * C_2}{C_1 + C_2}$$

Cuando la **cantidad de capacitores es mayor a dos**, debe utilizarse la fórmula general:

$$C_{\text{equivalente}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

6.7. Circuito RC

Se denomina circuito RC a la asociación en serie de un capacitor y una resistencia. Este sencillo circuito, conectado a una fuente de tensión y un interruptor, nos servirá para estudiar con mas detalles el proceso de carga y descarga de un capacitor.

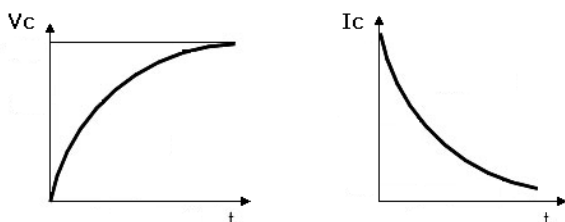


El objetivo es analizar cómo varía en el tiempo la tensión en el capacitor (V_c) y la corriente a través del mismo (I_c).

Inicialmente, cuando el interruptor está abierto, no hay tensión aplicada, el capacitor está descargado ($V_c=0$) y tampoco hay corriente ($I_c=0$).

Al cerrar el interruptor, se aplica la tensión al capacitor a través de la resistencia R. Como sabemos, se inicia un movimiento de cargas hacia las placas, lo que constituye una corriente eléctrica. Al principio, como las placas están descargadas, este movimiento es rápido, pero al irse acumulando las mismas, la velocidad va disminuyendo hasta que el capacitor se carga y el movimiento cesa.

La tensión depende de la acumulación de cargas, así que inicialmente es cero y luego va aumentando con el tiempo.



El capacitor se carga hasta la tensión de la fuente de alimentación (V).

La corriente tiene al inicio su valor máximo, limitado sólo por la resistencia ($I = V/R$) pero va disminuyendo hasta llegar a cero.

El tiempo que tarda el capacitor en cargarse dependerá de la cantidad de cargas que puede almacenar el capacitor (su capacidad en Faradios) y la velocidad a la que se pueden mover las cargas en el circuito (que está limitada por la Resistencia R).

Se define la **constante de tiempo** como el tiempo que tarda el capacitor en llegar al 63% de su carga total. Se identifica con la letra griega τ (tau) y se expresa de la siguiente forma:

$$\tau = R * C$$

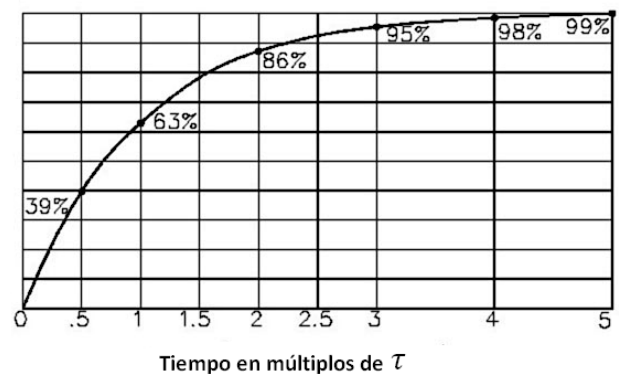
Donde:

τ (tau): Constante de tiempo (segundos)

R: Resistencia en serie (Ohms)

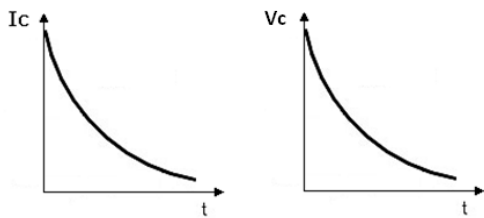
C: Capacidad (Faradios)

Se puede estimar que el proceso de carga ha finalizado (el capacitor está cargado al 100%) luego de un tiempo equivalente a **cinco constantes de tiempo**.



Una vez que el capacitor está cargado, si no proporcionamos un camino de descarga el mismo podría quedar en esas condiciones indefinidamente. Sin embargo, en la realidad los capacitores tienen pérdidas internas que hacen que se vayan descargando lentamente.

Si permitimos que el capacitor se descargue a través del mismo circuito RC, veremos un movimiento de cargas importante al inicio (que se traduce en una corriente elevada) y una disminución de la tensión en sus bornes.



Ejemplo:

Determinar la constante de tiempo de un circuito RC con un capacitor de $220 \mu\text{F}$ y una resistencia de $1 \text{ K}\Omega$.

Solución:

$$\tau = R * C = 0,00022 \text{ F} * 1000 \Omega = 0,22 \text{ segundos}$$

6.8. Aplicaciones de los capacitores

Los capacitores se emplean en un sinnúmero de aplicaciones dentro del campo de la Electricidad y la Electrónica, siendo probablemente luego de las resistencias uno de los componentes mas empleados. Se utilizan en circuitos temporizadores, filtros en circuitos de radio y TV, fuentes de alimentación, arranque de motores, corrección del coseno de fi en corriente alterna, etc.



Cuestionario unidad 6

- 1) ¿Cómo se denomina al material aislante ubicado entre las placas de un capacitor?
- 2) ¿Qué acumula un capacitor?
- 3) ¿En que unidad se mide la capacidad?
- 4) ¿Cuáles son los submúltiplos de la unidad?
- 5) ¿Qué es la Tensión de Trabajo de un capacitor?
- 6) ¿Qué tipo de capacitor, según la forma de construcción, alcanza mayores valores de capacidad?
- 7) ¿Los capacitores cerámicos tienen polaridad?
- 8) ¿Si deseo agrupar varios capacitores para que la capacidad total aumente, cómo debo conectarlos, en serie o paralelo?
- 9) ¿Qué es la constante de tiempo?
- 10) ¿En cuantas constantes de tiempo se considera cargado al 100% un capacitor en un circuito RC?

Ejercicios unidad 6

- 1) Calcular la cantidad de carga almacenada en un capacitor de $47 \mu\text{F}$ conectado a 12 Voltios.
- 2) Un capacitor conectado a 10V adquiere una carga de 0,01 Coulombs. ¿Cuál es el valor de su capacidad?
- 3) ¿A cuantos micro Faradios equivalen 100 nano Faradios?
- 4) ¿A cuantos pico Faradios equivalen 2,2 micro Faradios?
- 5) Dos capacitores, uno de $2200 \mu\text{F}$ y otro de $4700 \mu\text{F}$ se conectan en paralelo. ¿Cuál es la capacidad equivalente?
- 6) Dos capacitores de 100 pF se conectan en serie. ¿Cuál es la capacidad equivalente?
- 7) ¿Cuál es la constante de tiempo de un circuito con una R de $4,7 \text{ K}\Omega$ y un capacitor en serie de $1000 \mu\text{F}$?
- 8) ¿Qué tiempo tarda en cargarse al 100% un capacitor de $3,3 \mu\text{F}$ en un circuito en serie con una resistencia de $33 \text{ K}\Omega$?

UNIDAD 7. MAGNETISMO

7.1. Introducción

Hace mas de 2000 años, se descubrió un mineral llamado **magnetita**. Los antiguos lo llamaron “piedra imán”. Tenía la extraña propiedad de atraer pequeñas partículas de hierro. Si bien este fenómeno no fue comprendido, se lo atribuyó a un efecto invisible denominado **magnetismo**, denominación que proviene de Magnesia, lugar de la antigua Grecia donde fue hallada la piedra. Con el tiempo, estas piedras recibieron el nombre de **imanes**.



Por un largo tiempo, los imanes fueron considerados como una curiosidad. Posteriormente se descubrió que si se suspendía horizontalmente una piedra imán de forma tal que pueda girar libremente, un extremo siempre apunta al Sur, mientras que el otro apunta al Norte. Este fue el nacimiento de la brújula, elemento valioso para los navegantes y viajeros.



Muchos años mas tarde, se comprobó que la Tierra se comporta como un imán gigantesco y que la interacción entre el magnetismo de la Tierra y el de la brújula era el que producía su movimiento. También comenzó a relacionar magnetismo con electricidad. Se descubrió que el paso de la corriente eléctrica por un cable producía el mismo efecto que un imán y también que, bajo ciertas circunstancias, los imanes podían generar corrientes en un cable.

7.2. Imanes naturales y artificiales

La magnetita es un mineral que presenta propiedades magnéticas tal como se lo halla en la naturaleza, por lo que se denomina **imán natural**. Sin embargo, también es posible fabricar imanes, por distintos métodos, los que son denominados entonces **imanes artificiales**.

7.3. Materiales magnéticos y no magnéticos

Si tomamos un imán y lo vamos acercando a distintos materiales, veremos que se pega en algunos y en otros no. En general, el imán es atraído por los metales, pero no por materiales como los plásticos o la madera.

Esto nos permite hacer una división entre los materiales, según como reaccionen ante el magnetismo:

Materiales ferromagnéticos: Reaccionan ante el magnetismo. Son los materiales que "se pegan a los imanes". Se pueden magnetizar, es decir, convertirse en imanes. El hierro y sus aleaciones son magnéticos, lo mismo que el Níquel y el Cobalto. También algunas cerámicas, usadas en la fabricación de imanes.

Materiales paramagnéticos: Son la mayoría de los que encontramos en la naturaleza. No presentan ferromagnetismo, y su reacción frente al magnetismo es muy poco apreciable. Por ejemplo el bronce, la madera, vidrio, goma, etc.

Materiales diamagnéticos: Estos materiales repelen el magnetismo. En general, esta acción diamagnética es muy débil, y no es comparable al efecto que produce el campo magnético sobre los materiales ferromagnéticos. Ejemplos: Cobre, Bismuto.

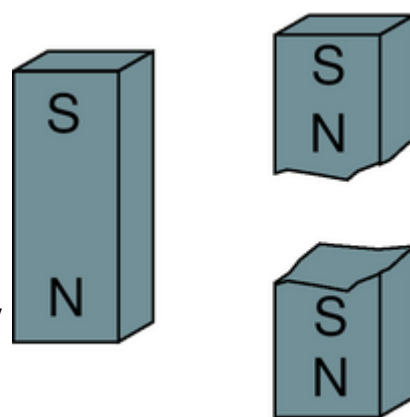
7.4. Polos de un imán

Jugando con un imán podemos notar que no tiene la misma “fuerza” en todas sus partes, por el contrario, hay lugares en los que el magnetismo es mas intenso que en otros. Estas partes del imán se denominan **polos**. Todos los imanes tienen dos polos: el POLO NORTE y el POLO SUR.



Estos nombres están relacionados con el alineamiento de los imanes con el campo magnético de la Tierra (el principio de funcionamiento de la brújula)

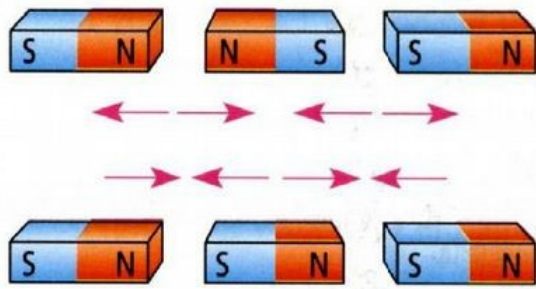
Si se corta una imán al medio, no queda un polo Norte aislado de otro polo Sur, en cambio, tendremos dos nuevos imanes completos, cada uno con su polo N y S. Por esto se dice que los imanes son dipolos.



7.5. Interacción entre los polos de un imán

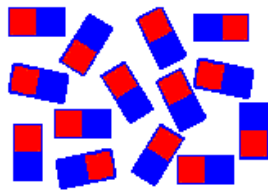
Si tomamos dos imanes y los ponemos frente a frente veremos que en algunas posiciones los mismos se atraen y en otros se repelen. Si marcamos el polo Norte y Sur de cada uno de ellos veremos que se cumple la siguiente regla:

POLOS OPUESTOS SE ATRAEN, POLOS IGUALES SE REPELEN

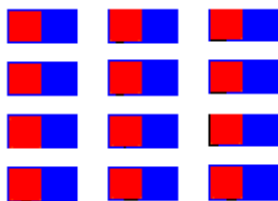


7.6. Origen del magnetismo

¿Cómo se explica el magnetismo? El fenómeno del magnetismo está asociado con los electrones de los átomos que forman a cada sustancia. Estos átomos se pueden comportar como imanes diminutos, teniendo cada uno de ellos su polo Norte y Sur. En los materiales que no están magnetizados, estos pequeños imanes están desordenados y sus polos apuntan en todas direcciones, por lo que no se aprecian efectos magnéticos.

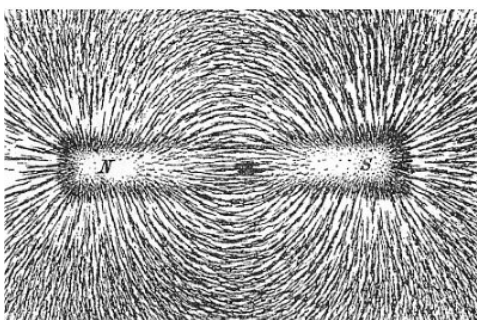


Cuando a un material como este se lo expone al magnetismo, estos imanes diminutos se alinean en la misma dirección, reforzándose uno con el otro y creándose así un imán.



7.7. El campo magnético

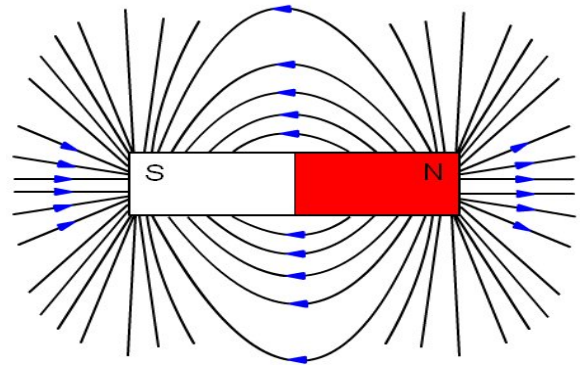
Ya vimos cómo se atraen o repelen dos imanes. Esta es una acción a distancia que ocurre por algún medio invisible, que no somos capaces de percibir. Para explicar esto, se ha creado el concepto de **campo magnético**, como algo invisible e intangible que existe alrededor de un imán y que es el causante de los fenómenos magnéticos. Si bien es invisible, podemos darnos una idea de su forma a través de sus efectos, por ejemplo esparciendo limaduras de hierro sobre un papel y poniendo luego un imán debajo. Podremos ver que las limaduras se van alineando de una forma característica alrededor del imán, poniendo en evidencia al campo magnético que lo rodea.



7.8. Líneas de fuerza

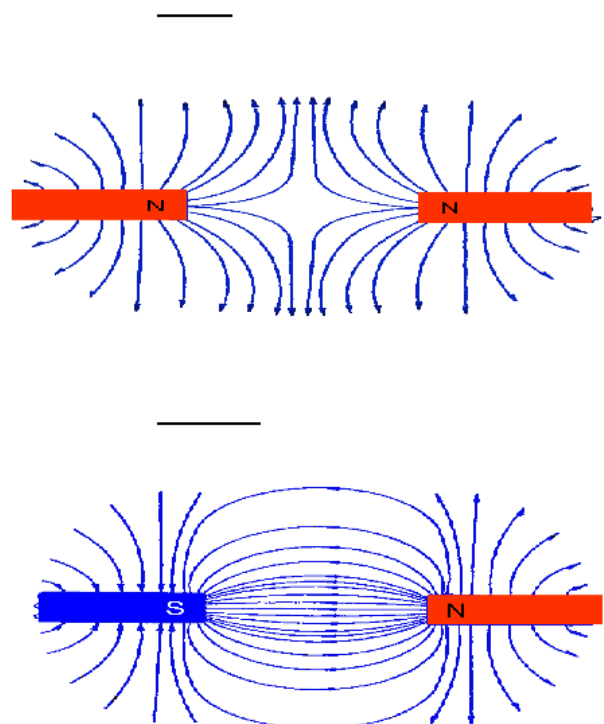
El campo magnético es invisible pero lo podemos representar gráficamente con ayuda de las denominadas **líneas de fuerza**. Las líneas de fuerza salen del polo Norte y entran por el polo Sur. Se dibujan de manera tal que, donde están más juntas o apretadas representa una mayor intensidad del campo, y donde están más espaciadas, que la intensidad del campo es débil.

Las líneas de fuerza siempre son cerradas, aunque por conveniencia a veces se las dibuje abiertas, como en la siguiente imagen:



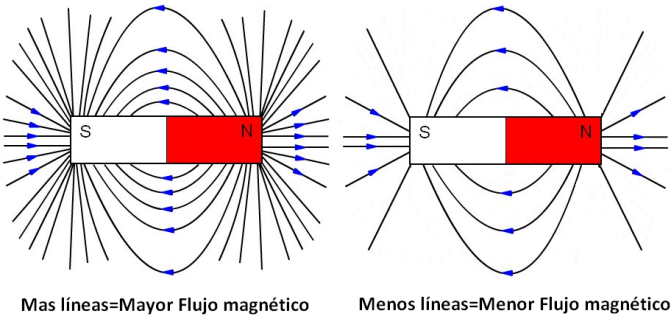
Las líneas de fuerza no tienen una existencia real y física, son sólo una representación gráfica de la intensidad y forma del campo magnético, pero es un concepto muy útil para explicar algunos fenómenos magnéticos.

La siguiente figura muestra cómo se verían las líneas de campo magnético entre los polos de dos imanes, cuando estos se repelen y cuando los mismos se atraen.



7.9. Intensidad del campo magnético

Como cualquier magnitud física, el campo magnético puede ser medido si se dispone de los instrumentos adecuados. Como vimos antes, el campo magnético se representa con líneas de fuerza. El número total de líneas se llama **flujo magnético**, se representa con la letra griega Φ (fi) y se mide en Weber.



Otra magnitud empleada para medir el campo magnético es la **Inducción magnética**, que se define como la cantidad de líneas de fuerza que atraviesan una superficie. En cierta forma nos indican cuan densas o apretadas están las líneas de fuerza. Se representa con la letra **B** y su unidad es el Tesla.

Podemos calcular la Inducción magnética a partir del flujo magnético:

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

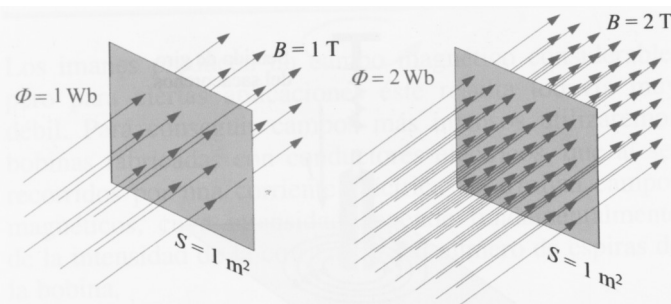
Donde:

B: Inducción magnética (Tesla)

Φ : Flujo magnético (Weber)

S: Superficie atravesada por las líneas de fuerza (m^2)

En la siguiente imagen podemos ver dos casos: a la izquierda, el Flujo magnético es de 1 Weber, a la derecha 2 Wb. Si la superficie atravesada es la misma (1 metro cuadrado), la inducción a la izquierda es de 1 Tesla mientras que a la derecha es de 2 Tesla.

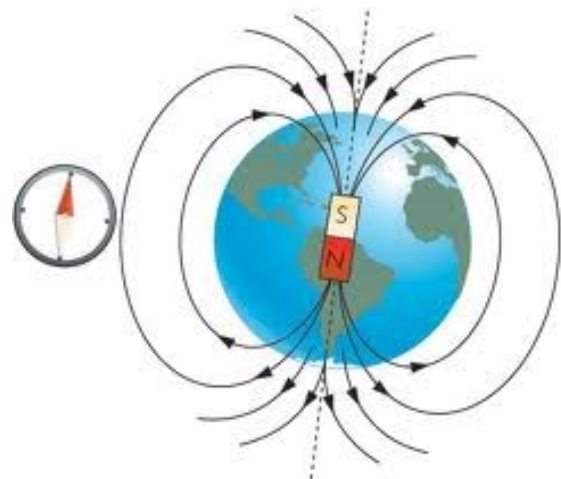


7.10. El campo magnético terrestre

Hace al menos unos 4.000 años que se conoce que al suspender un material magnetizado de manera tal que pueda girar libremente, el mismo se orienta siempre en la misma dirección, apuntando un extremo hacia el Norte y otro hacia el Sur. Este descubrimiento dio origen a la invención de la brújula, un instrumento sumamente útil para conocer nuestra posición respecto de los puntos cardinales.



Este comportamiento de la aguja de la brújula se debe a que la Tierra se comporta como un gigantesco imán, con su polo SUR muy cerca del polo Norte geográfico y su polo NORTE en las cercanías del polo Sur geográfico, en la zona de la Antártida. Por esta razón, dondequiera que estemos, la aguja imanada de la brújula, que no es otra cosa que un pequeño imán, se ve atraída por los polos magnéticos terrestres, lo que la lleva a alinearse siempre en la dirección Norte-Sur.



El campo magnético de la Tierra es un fenómeno natural originado por los movimientos de metales líquidos en el núcleo del planeta y está presente en la Tierra y en otros cuerpos celestes como el Sol. Se extiende desde el núcleo atenuándose progresivamente en el espacio exterior (sin límite), protegiéndonos del viento solar, un flujo de partículas y energía proveniente del Sol que si nos impactara directamente haría casi imposible la vida sobre nuestro planeta.

Los polos de este gigantesco imán terrestre no coinciden exactamente con los polos geográficos. Por ejemplo, el Polo Sur Magnético se encuentra a 1800 kilómetros del Polo Norte Geográfico. Además, están en movimiento permanente. Se ha encontrado que hace unos 700.000 años aproximadamente, estaban exactamente al revés de su posición actual.

Cuestionario 7.1. Imanes

- 1) ¿Cómo se llama el material que, en forma de rocas, forma imanes naturales?
- 2) ¿Cuál es la diferencia entre los imanes naturales y los artificiales?
- 3) Según su comportamiento frente al magnetismo, ¿cómo se clasifican los materiales?
- 4) ¿Cómo se llaman las partes del imán donde su magnetismo es más intenso?
- 5) ¿Qué pasa si se parte un imán al medio?
- 6) ¿Cómo reaccionan los polos iguales cuando se acercan? ¿Y si son polos distintos?
- 7) Explica brevemente la teoría sobre el magnetismo en los materiales (dipolos atómicos).
- 8) ¿El campo magnético es visible?
- 9) ¿Qué son las líneas de fuerza?
- 10) ¿En qué unidad se mide el Flujo Magnético?
- 11) ¿En qué unidad se mide la Inducción Magnética?
- 12) ¿Cuál es la fórmula que relaciona la Inducción con el Flujo magnético?
- 13) Explica brevemente cómo funciona una brújula.
- 14) ¿A qué se debe el campo magnético de la Tierra?
- 15) ¿Dónde se ubican los polos magnéticos de la Tierra?

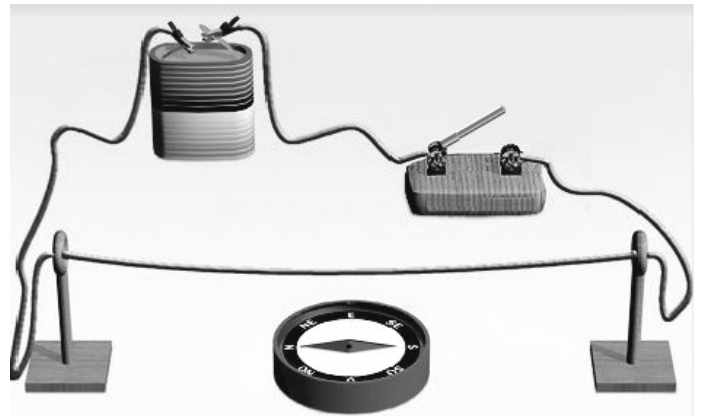
Ejercicios 7.1

- 1) Calcular la inducción magnética en un área de 2 metros cuadrados si el flujo en esa zona es de 0,5 Weber.
- 2) Si la inducción magnética es de 1 Tesla, calcular el flujo magnético en un área de 0,25 metros cuadrados.

ELECTROMAGNETISMO

7.11. Corriente eléctrica y magnetismo

En 1819, el físico danés Oersted estaba experimentando con circuitos eléctricos cuando ocurrió algo inesperado: sobre la mesa de su laboratorio había una brújula cercana a los cables del circuito, y comprobó con sorpresa que el imán de su aguja se desviaba cada vez que circulaba corriente por el cable. Cuando la corriente se interrumpía, la brújula volvía a señalar al Norte, por efecto del campo magnético de la Tierra. Había descubierto algo fundamental: la electricidad y el magnetismo están estrechamente ligados, y una corriente eléctrica es capaz de producir un campo magnético.



7.12. Campo magnético en un conductor

Si espolvoreamos limaduras de hierro sobre una hoja de papel que es atravesada por un conductor por donde circula una corriente eléctrica, observaremos que las limaduras se orientan y forman un dibujo circular.

Esto demuestra que cuando un conductor es atravesado por una corriente eléctrica, a su alrededor aparece un campo



magnético. Las líneas de fuerza de ese campo tienen la forma de círculos con centro en el conductor que lleva la corriente.

Para determinar la dirección del campo magnético producido por la corriente se puede usar la “regla de la mano derecha”: el pulgar debe apuntar en el sentido de circulación de la corriente y el resto de los dedos señalan la dirección de las líneas de fuerza.



La intensidad del campo magnético depende de la intensidad de la corriente que circula por el conductor: a mas intensidad de corriente, mas intensidad de campo magnético.

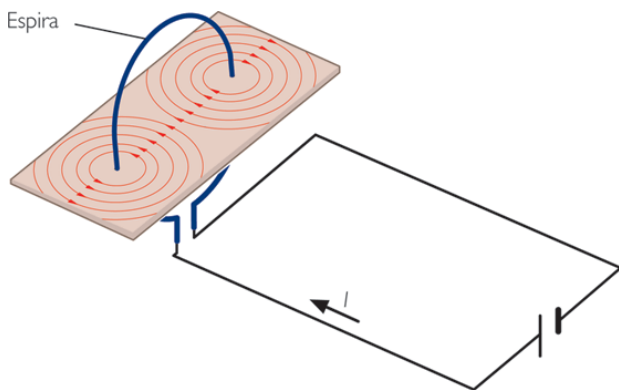
7.13. Campo magnético en una espira

Una espira es un arrollamiento de alambre de una sola vuelta. Si hacemos pasar una corriente eléctrica por una espira y repetimos el experimento de espolvorear limaduras de hierro sobre un papel, veremos que las líneas del campo magnético tienen la siguiente forma:

Las líneas de fuerza se concentran en el interior de la espira, indicando que allí el campo magnético es mas intenso.

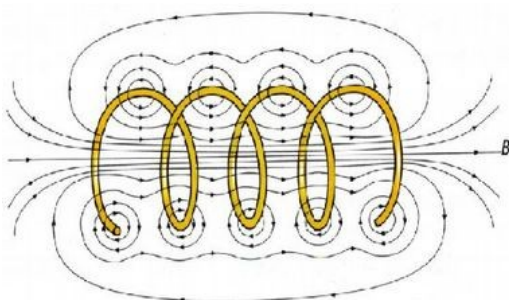
7.14. Campo magnético en una bobina

Una bobina es un arrollamiento de alambre con muchas vueltas, o muchas espiras. El campo magnético creado por



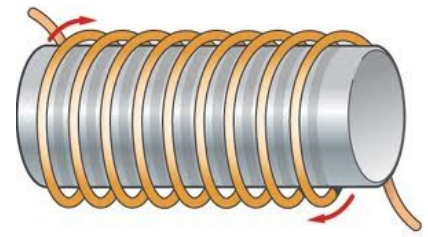
una espira se suma al que crea la espira de al lado, creando así un campo magnético total que recuerda al de un imán.

Una bobina de este tipo a veces es llamada también **SOLENOIDE**.



7.15. Electroimanes

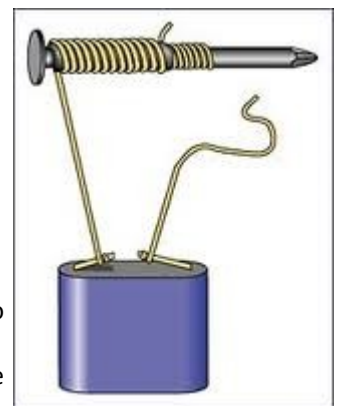
El campo magnético en una bobina es muy parecido al de los imanes rectangulares que vimos al comienzo de esta unidad. Esto nos sugiere que podemos



construir un imán cuyo campo magnético provenga de la corriente eléctrica. Esto tiene múltiples ventajas, ya que podemos controlar la intensidad del magnetismo (controlando la intensidad de la corriente eléctrica) e incluso podemos activar y desactivar el imán a voluntad a través de un interruptor que permita o no el paso de la corriente. Para hacer mas intenso el campo magnético generado por la corriente, la bobina se enrolla sobre un material ferromagnético que tiene la propiedad de “concentrar” las líneas de fuerza magnéticas. Este material recibe el nombre de **NÚCLEO** del solenoide.

7.16. Construyendo un electroimán

La construcción de un electroimán es muy sencilla: sólo necesitas un clavo grande o un bulón de hierro o acero y algunos metros de alambre esmaltado. Enrolla unas 100 vueltas de alambre sobre el clavo o bulón, bien apretadas una al lado de la otra. Si llegas al final y no has alcanzado el número de vueltas, enrolla una segunda capa de alambre sobre la primera, pero siempre siguiendo la misma dirección, si no el campo magnético generado por una capa anulará al campo generado por la otra.



Luego raspa con una trincheta o un papel de lija los extremos del alambre para limpiarlos del esmalte aislante y conéctalos a una pila de 9V, una fuente de alimentación o un cargador de celular.

Prueba el electroimán con distintas cantidades de vueltas de alambre y distintos valores de corriente. Verás que es mas potente mientras mas vueltas tenga y mientras mas corriente circule.

7.17. Fuerza Magnetomotriz

Si construyes el electroimán como se explica mas arriba y pruebas que pasa al cambiar la cantidad de vueltas de alambre y la corriente que circula por la bobina, notarás que con mas vueltas de alambre o con mas corriente circulando por la bobina, el imán es mas potente. Esto se debe a que el campo magnético es producido por la corriente y a mayor intensidad, mas campo magnético. De la misma forma, si agregas vueltas de alambre estás reforzando la acción de

cada una de las espiras, con lo que el campo también se hace mas potente. Esta capacidad de la bobina de generar un campo magnético en el núcleo del electroimán se denomina Fuerza magnetomotriz y se define de la siguiente forma:

$$F = N * I$$

Donde:

F: Fuerza magnetomotriz

N: Cantidad de vueltas de la bobina

I: Corriente que circula por la bobina

La unidad de medida para la fuerza magnetomotriz es el Amper vuelta (Av).

Ejemplo:

Para el funcionamiento de un electroimán se necesita una fuerza magnetomotriz de 500 Av. Indica dos posibilidades para conseguirlo.

Solución: Si fabricamos una bobina con 500 espiras, la corriente que tendremos que hacer pasar será de:

$$I = F/N = 500 \text{ Av} / 500 = 1 \text{ Amper}$$

En cambio, si la fabricamos con 100 espiras,

$$I = F/N = 500 \text{ Av} / 100 = 5 \text{ Amperes}$$

7.18. Intensidad de Campo Magnético (H)

Como vimos antes, la intensidad del campo magnético de un electroimán depende de la corriente y la cantidad de vueltas, es decir, de la fuerza magnetomotriz. ¿Pero, que pasa si hacemos mas larga o mas corta la bobina? Si la alargamos, las líneas de fuerza se dispersan y el campo se debilita. En cambio si la hacemos mas corta, el campo se concentra y se hace mas intenso. Esto nos permite introducir una nueva magnitud denominada **Intensidad de Campo Magnético o Excitación Magnética** de acuerdo a la siguiente expresión:

$$H = \frac{N * I}{L}$$

H: Intensidad de campo magnético (Av/m)

N: Número de vueltas en la bobina

I: Corriente que circula por la bobina (Amperes)

L = Longitud de la bobina (metros)

7.19. Permeabilidad magnética

La intensidad de campo magnético (H) es una medida del “esfuerzo” de la corriente eléctrica por establecer un campo magnético (la inducción magnética B) en el núcleo de la bobina. El valor de la inducción resultante dependerá del material del que esté construido el núcleo. Si el material es ferromagnético, habrá un aumento de la inducción, una multiplicación de las líneas de fuerza, lo que no sucede si el núcleo es de aire.

El factor que relaciona H con B se denomina Permeabilidad magnética y da una idea de la capacidad de un material para atraer o hacer pasar a través suyo los campos magnéticos.

Matemáticamente:

$$B = \mu * H$$

Donde:

B: Inducción Magnética (Teslas)

H: Intensidad de campo magnética (A.v/m)

μ (letra griega mu): Permeabilidad magnética en Teslas metro por amper (T.m/A).

Generalmente se usa la permeabilidad del vacío (o el aire, es lo mismo en la práctica) como valor de referencia, tomando el valor de 1 y se comparan los materiales con este valor, dando lugar a lo que se llama la permeabilidad relativa, que indica como se comporta un material comparado con el vacío.

Desde el punto de vista de la permeabilidad relativa podemos revisar la clasificación que hicimos de los materiales frente a los fenómenos magnéticos al inicio de esta unidad:

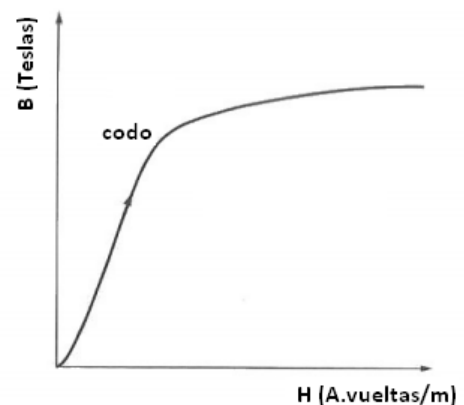
Ferromagnéticos: Permeabilidad relativa muy superior a 1.

Paramagnéticos: Permeabilidad relativa cercana a 1.

Diamagnéticos: Permeabilidad relativa menor a 1.

7.20. Curva de Magnetización

Cuando se somete un material a un campo magnético (H) de intensidad creciente, la inducción magnética (B) que aparece en él también aumenta. Por lo general esta relación entre B y H no es constante, por lo que se la representa en una gráfica llamada **curva de magnetización**.



En la figura anterior se representa la curva de magnetización (también llamada curva B/H) de un hierro dulce. Se puede apreciar que, al inicio, cuando $H=0$, $B=0$ (no hay campo magnético) y que al aumentar H , B aumenta de manera proporcional, hasta el punto denominado “codo” a partir del cual, el aumento de H se corresponde con pequeños aumentos de B . A partir de ese punto se dice que el hierro ha alcanzado la **saturación magnética**.

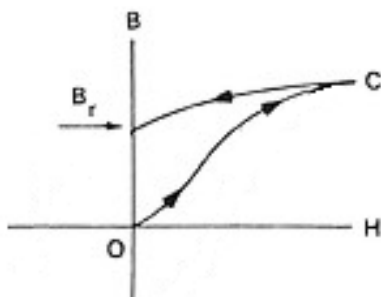
Para explicar la saturación magnética podemos recurrir nuevamente a la teoría molecular de los imanes: inicialmente los imanes moleculares del hierro se alinean al azar y no existe campo magnético. Pero, a medida que aumentamos H al hacer circular la corriente, los imanes moleculares se van alineando y la inducción B aumenta, hasta que llega un punto en que casi todos están alineados en la misma dirección y por mas que aumentemos la corriente y por lo tanto H , no se nota un incremento significativo de B : se ha llegado a la saturación.

En las máquinas eléctricas que aprovechan los campos magnéticos producidos por la corriente, como los transformadores y motores eléctricos que veremos luego, es importante contar con materiales que tengan un punto elevado de saturación, por lo que se usan materiales y aleaciones especiales.

7.21. Ciclo de Histéresis

La curva de magnetización que acabamos de ver describe qué pasa con un material, por ejemplo hierro dulce, a medida que aumentamos el campo magnético H . Vimos que al principio aumenta de manera proporcional pero llega un momento en que el hierro se satura (punto C). Pero, ¿qué pasará si llegado este punto comenzamos a bajar la intensidad de la corriente y por lo tanto a disminuir H ?

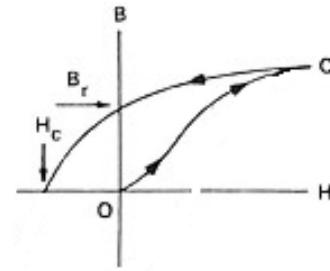
Si hacemos eso, comprobaremos algo extraño: a medida que disminuye H , también disminuye B , pero la curva ahora no reproduce la curva de magnetización original, sino que “sigue otro camino”, de manera que cuando se interrumpe la corriente y $H=0$, queda un “magnetismo remanente” (B_r), como se puede ver en la siguiente imagen.



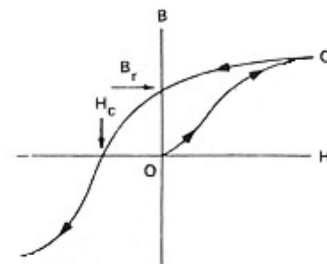
En el caso del hierro dulce que hemos venido usando, esto significa que, aún al quitar la corriente, el hierro presenta un campo magnético: hemos creado un imán.

Para contrarrestar este magnetismo remanente deberíamos aplicar un campo H de sentido contrario. Esto se puede lo-

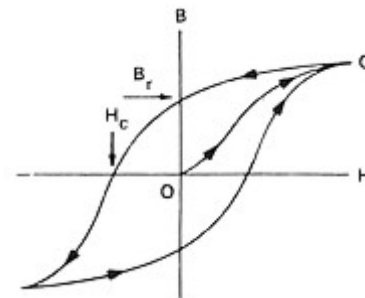
gar invirtiendo el sentido de circulación de la corriente a través de la bobina. El valor de H que contrarresta a ese magnetismo remanente se llama Campo coercitivo (H_c):



Si aumentamos aún mas el valor de la corriente, el campo H se impondrá y B cambiará de sentido, creciendo nuevamente hasta que otra vez se presenta el fenómeno de la saturación:



Si a partir de este punto disminuimos el valor de H , se repite lo que habíamos visto antes, apareciendo un magnetismo remanente, sólo que con sentido opuesto al anterior. Si volvemos a cambiar el sentido de la corriente (y de H), la curva se repite, sólo que con signos inversos a los anteriores y volviendo al punto de saturación inicial C. Nunca se vuelve a repetir la curva original, con origen en el punto O, que corresponde a un material “virgen”, no magnetizado.



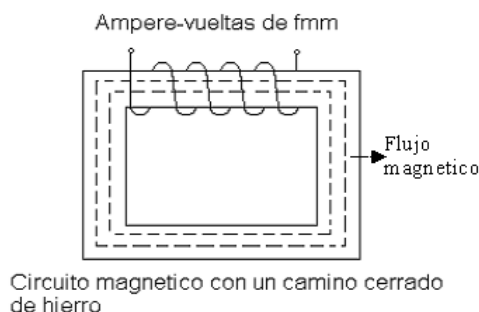
Si la bobina es atravesada por una corriente alterna, como sucede en los transformadores o motores eléctricos, H cambia permanentemente de sentido y B varía entre los dos puntos de saturación, siguiendo el camino descrito por la curva. **Esta curva recibe el nombre de ciclo de histéresis.**

El estudio de la histéresis tiene gran importancia en las máquinas eléctricas, ya que demuestra que el campo H debe hacer un “esfuerzo” (el campo coercitivo) para contrarrestar el magnetismo remanente dentro del núcleo. Este “esfuerzo” es una pérdida de energía que se traduce en calor y en una disminución del rendimiento de las máquinas.

En máquinas eléctricas se usan materiales que tengan un campo coercitivo lo mas pequeño posible. Sin embargo, para la fabricación de imanes, es al revés.

7.22. Circuito magnético

Un circuito magnético es un camino cerrado por donde se establecen las líneas de campo. Esto se logra fácilmente con materiales ferromagnéticos, que tienen una permeabilidad mucho mas alta que el aire y por lo tanto tienden a confinar el campo en su interior.



Puede realizarse una **analogía** entre las magnitudes presentes en un circuito eléctrico y las que están en juego en un circuito magnético. Así, podemos comparar a la corriente que circula por el circuito eléctrico con el Flujo magnético (Φ), la tensión, que origina la circulación de corriente, con la Fuerza Magnetomotriz (F) y la resistencia que se opone a la circulación de corriente con lo que en un circuito magnético se llama **Reluctancia (R)**, que indica si un material deja establecer las líneas de fuerza en mayor o menor grado.

Entre las tres magnitudes se establece una relación denominada **Ley de Hopkinson**:

$$\Phi = \frac{F}{\mathcal{R}}$$

Donde:

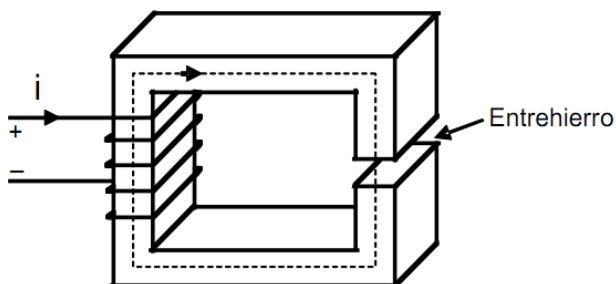
Φ : Flujo magnético (Weber—Wb)

F: Fuerza magnetomotriz (Amper vuelta—A.v)

R: Reluctancia (A.v/Wb)

7.23. Entrehierro

Un entrehierro es un espacio de aire entre dos partes ferromagnéticas en un circuito magnético. A veces se producen entre dos piezas distintas (por ejemplo en un motor entre el estator que es la parte fija y el rotor que es la parte móvil) o por la interrupción intencional del núcleo para aumentar la reluctancia del mismo.



.Cuestionario 7.2. Electromagnetismo

- 1) ¿Qué descubrió Oersted?
- 2) ¿Qué forma tienen las líneas de fuerza del campo magnético en un conductor rectilíneo atravesado por una corriente?
- 3) ¿Qué es un electroimán?
- 4) ¿Cuál es el núcleo de un electroimán?
- 5) ¿Cómo se construye un electroimán?
- 6) ¿Qué es la fuerza magnetomotriz y en qué unidad se mide?
- 7) ¿Cuál es la fórmula para calcular la intensidad de campo magnético a partir de la corriente?
- 8) ¿Qué es la permeabilidad magnética?
- 9) ¿Qué nos muestra la curva de magnetización —o curva B/H de un material?
- 10) ¿Cómo explicas el fenómeno de saturación magnética?
- 11) ¿Qué es el magnetismo remanente?
- 12) ¿Qué es el campo coercitivo?
- 13) ¿Qué efectos tiene la histéresis en los materiales magnéticos?
- 14) ¿Qué es un circuito magnético?
- 15) ¿Qué magnitudes relaciona la Ley de Hopkinson?

Ejercicios 7.2. Electromagnetismo

- 1) Calcula la Fuerza Magnetomotriz producida por un arrollamiento de 125 espiras si es atravesado por una corriente de 1,5 Amper
- 2) Si se quiere lograr una fuerza magnetomotriz de 250 A.v con una bobina de 50 espiras, ¿qué corriente debe circular por dicha bobina?
- 3) ¿Cuál es la intensidad de campo magnético (H) desarrollada por un solenoide de 100 espiras y 5 cm de longitud que es atravesado por una corriente de 2,5 Amper?
- 4) Se desea lograr con un solenoide de 10 cm de longitud, un campo magnético (H) de 10.000 A.v/m. Si la corriente máxima de que se dispone es 3A, ¿Cuántas vueltas debe tener el solenoide?